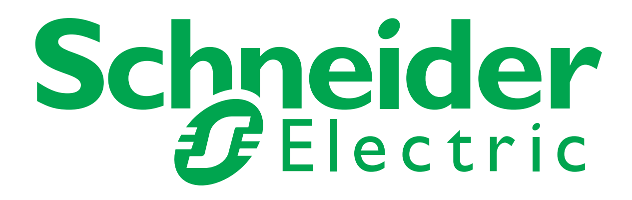
Manual electrotécnico

Telesquemario



Telesquemario

Tecnologías
de control industrial

Indice general

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Advertencia

Introducción

Durante los últimos años el control industrial ha experimentado profundos cambios, entre los que destaca la aparición de la electrónica, que en la actualidad favorece la fabricación de automatismos complejos y que ha permitido a las empresas descompartimentar las funciones técnicas.

Gracias a esta obra, todos los profesionales que se encuentren en una situación análoga y que tengan una influencia más o menos directa en la elección de los productos –especialistas en automatismos, electricistas, mecánicos, informáticos, responsables del instrumental, jefes de compra, etc.– podrán entender mejor su tecnología y afrontar los verdaderos retos del control industrial.

Los especialistas en tecnologías electromecánicas podrán mejorar sus nociones de electrónica, y a la inversa, los expertos en electrónica profundizarán sus conocimientos sobre aparatos electromecánicos.

La estructura de esta obra de referencia se basa en las principales funciones de los automatismos –control de potencia, tratamiento y adquisición de datos, diálogo hombre-máquina– y su contenido abarca desde los variadores de velocidad, motores sin escobillas (brushless), autómatas programables, detectores y células, y terminales de explotación, hasta los contactores disyuntores, motores asíncronos, contactores, interruptores de posición y pulsadores, pasando por las normas, la coordinación, etc.

Esta es, en definitiva, una herramienta pedagógica en cuya concepción, basada en la experiencia de Telemecanique, han primado el espíritu práctico y la sencillez, con el fin de que todos aquellos que se inicien al fascinante mundo de los automatismos adquieran unos conocimientos elementales, aprendan a interpretar los esquemas básicos y conozcan los procedimientos para montar equipos respetando las normas internacionales.

Capítulo 1

El control de potencia es una de las cuatro funciones que conforman la estructura de un automatismo. Su función básica consiste en establecer o interrumpir la alimentación de los receptores siguiendo las órdenes de la unidad de proceso de datos. Dichas órdenes se elaboran a partir de la información procedente de los captadores (función de adquisición de datos) y de los órganos de mando (función de diálogo hombre-máquina).

Entre los receptores más utilizados para el accionamiento de máquinas se encuentran los motores eléctricos asíncronos de jaula. Los equipos de control de potencia destinados a controlarlos, normalmente llamados arrancadores, realizan las funciones de seccionamiento, protección y conmutación. Se pueden clasificar en tres familias:

– arrancadores "todo o nada": el motor suele arrancar con sus características propias y el régimen de velocidad establecido es constante,

– arrancadores basados en arrancadores electrónicos: la aceleración y la deceleración están controladas y el régimen de velocidad establecido es constante,

– arrancadores basados en variadores de velocidad electrónicos: el arranque y la parada están controlados y la velocidad depende de una consigna.

Control de potencia

1

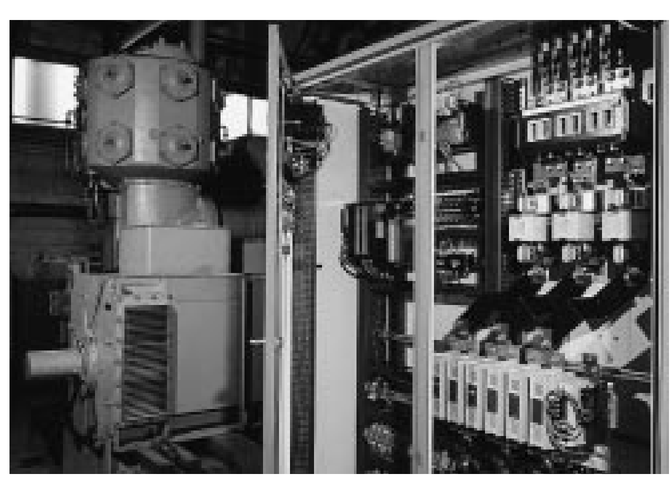
Funciones y constitución de los arrancadores

Los arrancadores reúnen los elementos necesarios para controlar y proteger los motores eléctricos. De la elección de éstos depende el rendimiento de toda la instalación: nivel de protección, funcionamiento con velocidad constante o variable, etc.
El arrancador garantiza las siguientes funciones:
– seccionamiento,
– protección contra cortocircuitos y sobrecargas,
– conmutación.

El seccionamiento

Para manipular las instalaciones o las máquinas y sus respectivos equipos eléctricos con total seguridad, es necesario disponer de medios que permitan aislar eléctricamente los circuitos de potencia y de control de la red de alimentación general.
Esta función, llamada seccionamiento, corresponde a:
- **aparatos específicos**: seccionadores o interruptores seccionadores,
- **funciones de seccionamiento integradas** en aparatos con funciones múltiples.

Obsérvese que en los equipos con varios arrancadores no siempre es necesario añadir un seccionador a cada arrancador. Sin embargo, conviene tener siempre dispuesto un mando de aislamiento general que permita aislar todo el equipo.

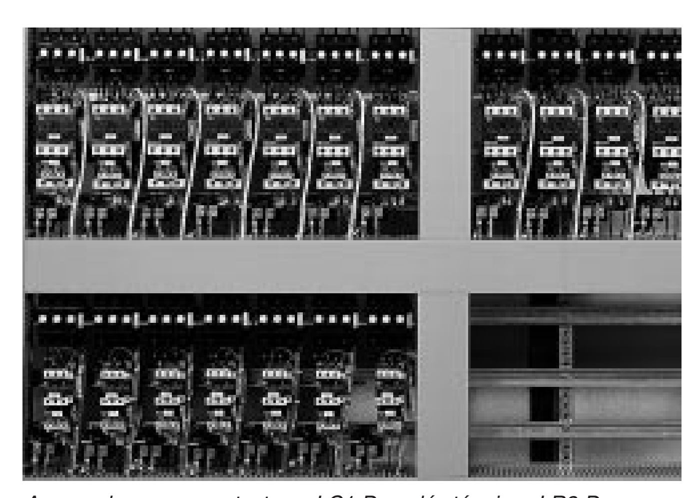


Equipo con seccionador, cortacircuito de fusibles y contactores

La protección

Todos los receptores pueden sufrir accidentes:
De origen eléctrico:
– sobretensión, caída de tensión, desequilibrio o ausencia de fases que provocan un aumento de la corriente absorbida,
– cortocircuitos cuya intensidad puede superar el poder de corte del contactor.
De origen mecánico:
– calado del rotor, sobrecarga momentánea o prolongada que provocan un aumento de la corriente que absorbe el motor, haciendo que los bobinados se calienten peligrosamente.
Con el fin de que dichos accidentes no dañen los componentes ni perturben la red de alimentación, todos los arrancadores deben incluir obligatoriamente:
- **protección contra los cortocircuitos**, para detectar y cortar lo antes posible las corrientes anómalas superiores a 10 In,
- **protección contra las sobrecargas**, para detectar los aumentos de corriente hasta 10 In y cortar el arranque antes de que el recalentamiento del motor y de los conductores dañe los aislantes.

Si es necesario, se pueden añadir protecciones complementarias como el control de fallos de aislamiento, de inversión de fases, de temperatura de los bobinados, etc.
La protección corresponde a:
- **aparatos específicos**: seccionadores portafusibles, disyuntores, relés de protección y relés de medida,
- **funciones específicas integradas** en los aparatos de funciones múltiples.



Arrancadores con contactores LC1-D y relés térmicos LR2-D

La conmutación

La conmutación consiste en establecer, cortar y, en el caso de la variación de velocidad, ajustar el valor de la corriente absorbida por un motor.
Según las necesidades, esta función puede realizarse con aparatos,
- **electromecánicos**: contactores, contactores disyuntores y disyuntores motores,
- **electrónicos**: relés y contactores estáticos, arrancadores ralentizadores progresivos, variadores y reguladores de velocidad.

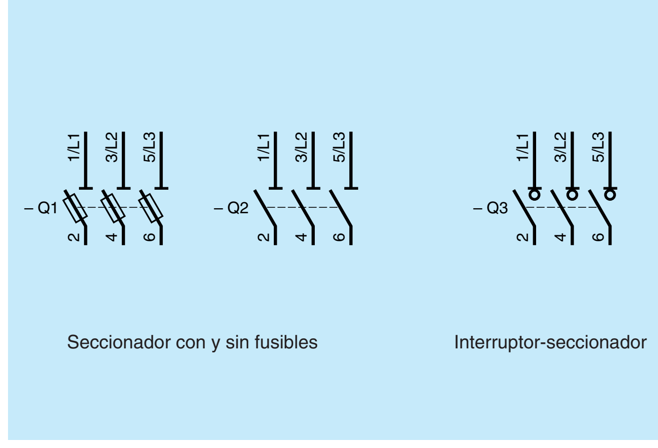
Seccionamiento

Los equipos eléctricos sólo se deben manipular cuando están desconectados.
El seccionamiento consiste en aislar eléctricamente una instalación de su red de alimentación, según los criterios de seguridad que establecen las normas.
El seccionamiento se puede completar con una medida de protección adicional, el enclavamiento, un dispositivo de condenación del seccionador en posición abierta que impide que la instalación se vuelva a poner bajo tensión de forma imprevista, garantizando así la seguridad de las personas y de los equipos.
La función de seccionamiento se realiza con:
– seccionadores,
– interruptores seccionadores,
– disyuntores y contactores disyuntores, siempre que el fabricante certifique que son aptos para dicha función.
En el apartado “Aparatos de funciones múltiples” se describen los aparatos con la función seccionamiento integrada, como los disyuntores o los contactores disyuntores.

El seccionador

“El seccionador es un aparato mecánico de conexión que en posición abierta cumple las prescripciones especificadas para la función de seccionamiento” (norma IEC 947-3).
Sus principales elementos son un bloque tripolar o tetrapolar, uno o dos contactos auxiliares de precorte y un dispositivo de mando lateral o frontal que permite cerrar y abrir los polos manualmente.
La velocidad de cierre y de apertura dependen de la rapidez de accionamiento del operario (maniobra manual dependiente). Por tanto, el seccionador es un aparato de “ruptura lenta” que nunca debe utilizarse con carga. La corriente del circuito debe cortarse previamente con un aparato de conmutación previsto a tal efecto (normalmente un contactor).
El contacto auxiliar de precorte se conecta en serie con la bobina del contactor. Se abre antes y se cierra después que los polos del seccionador, por lo que en caso de manipulación accidental con carga, interrumpe la alimentación de la bobina del contactor antes de que se abran los polos del seccionador. Sin embargo, los contactos de precorte no deben considerarse como un mando de control del contactor, que dispone de su pro-pio mando de Marcha/Paro.
El estado de los contactos debe indicarse de forma segura mediante la posición del dispositivo de control, mediante un indicador mecánico independiente (corte plenamente aparente) o permitiendo que los contactos estén visibles (corte visible). En ningún caso se podrá enclavar el seccionador cuando esté en posición cerrada o cuando sus contactos se hayan soldado accidentalmente.
Se puede añadir a los seccionadores portafusibles en sustitución de los tubos o de las barretas de seccionamiento.

	Seccionador	Interruptor	Interruptor seccionador
Manipulación en carga	no	sí	sí
Aislamiento en posición “O”	sí	no	sí



Símbolos de los seccionadores y de los interruptores seccionadores



Seccionador

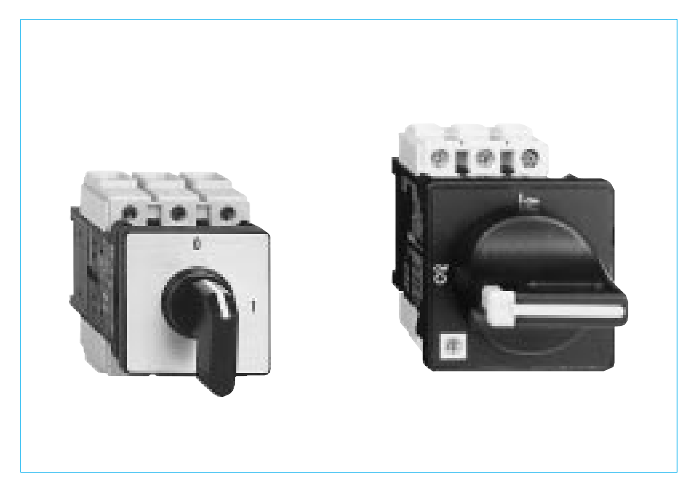
El interruptor y el interruptor seccionador

"El interruptor es un aparato mecánico de conexión capaz de establecer, tolerar e interrumpir corrientes en un circuito en condiciones normales, incluidas las condiciones especificadas de sobrecarga durante el servicio, y tolerar durante un tiempo determinado corrientes dentro de un circuito en las condiciones anómalas especificadas, como en caso de un cortocircuito" (norma IEC 947-3).
El mecanismo vinculado al dispositivo de mando manual garantiza la apertura y el cierre brusco de los contactos, independientemente de la velocidad de accionamiento del operario. Por lo tanto, el interruptor está diseñado para ser manejado con carga con total seguridad. Sus características se basan en las categorías de empleo normativas utilizadas para clasificar los circuitos cuya alimentación resulta más o menos difícil de establecer o interrumpir en función del tipo de receptores utilizados.
Los interruptores que cumplan las condiciones de aislamiento especificadas en las normas para los seccionadores son **interruptores seccionadores**, aptitud que el fabricante debe certificar marcando el aparato con un símbolo (1).
Al igual que los seccionadores, los interruptores y los interruptores seccionadores se pueden completar con un dispositivo de enclavamiento para el enclavamiento y, según el caso, con fusibles.

(1) Aptitud para el seccionamiento.
La aptitud para el seccionamiento se define por la distancia de apertura de los contactos o la resistencia a una onda de choque Uimp, y por la posición no equívoca del mando de control, incluidos los contactos soldados (si los contactos están soldados, el mando de control no se puede poner en posición de "paro").

El interruptor seccionador modular

Esta nueva generación de interruptores seccionadores se caracteriza por la posibilidad de completar y modificar la composición de los aparatos básicos, para adaptarlos con la mayor precisión a nuevas necesidades, utilizando los siguientes módulos adicionales:
– polos de potencia,
– polos neutro de cierre anticipado y de apertura retardada,
– barretas de tierra,
– contactos auxiliares de cierre y de apertura,
– bloques de conexión reversibles que permiten cablear desde la parte frontal o posterior.
Los interruptores seccionadores de mando giratorio ampliables con módulos pueden realizar las funciones de interruptor principal, de paro de emergencia o de control manual de los motores.



Interruptores seccionadores de mando giratorio

Interruptor seccionador ampliable con módulos

Protección contra los cortocircuitos

Un cortocircuito es el contacto directo de dos puntos con potenciales eléctricos distintos:
– en corriente alterna: contacto entre fases, entre fase y neutro o entre fases y masa conductora,
– en corriente continua: contacto entre los dos polos o entre la masa y el polo aislado.
Las causas pueden ser varias: cables rotos, flojos o pelados, presencia de cuerpos metálicos extraños, depósitos conductores (polvo, humedad, etc.), filtraciones de agua o de otros líquidos conductores, deterioro del receptor o error de cableado durante la puesta en marcha o durante una manipulación.
El cortocircuito desencadena un brutal aumento de corriente que en milésimas de segundo puede alcanzar un valor cien veces superior al valor de la corriente de empleo. Dicha corriente genera efectos electrodinámicos y térmicos que pueden dañar gravemente el equipo, los cables y los juegos de barras situados aguas arriba del punto de cortocircuito.
Por lo tanto, es preciso que los dispositivos de protección detecten el fallo e interrumpan el circuito rápidamente, a ser posible antes de que la corriente alcance su valor máximo.
Dichos dispositivos pueden ser:
– fusibles, que interrumpen el circuito al fundirse, por lo que deben ser sustituidos,
– disyuntores, que interrumpen el circuito abriendo los polos y que con un simple rearme se pueden volver a poner en servicio.
La protección contra los cortocircuitos puede estar integrada en aparatos de funciones múltiples, como los disyuntores motores y los contactores disyuntores, que se describen en el apartado “Aparatos de funciones múltiples”.

Los fusibles

Los fusibles proporcionan una protección fase a fase, con un poder de corte muy elevado y un volumen reducido. Se pueden montar de dos maneras:
– en unos soportes específicos llamados portafusibles,
– en los seccionadores, en lugar de los casquillos o las barretas.
Se dividen en dos categorías:

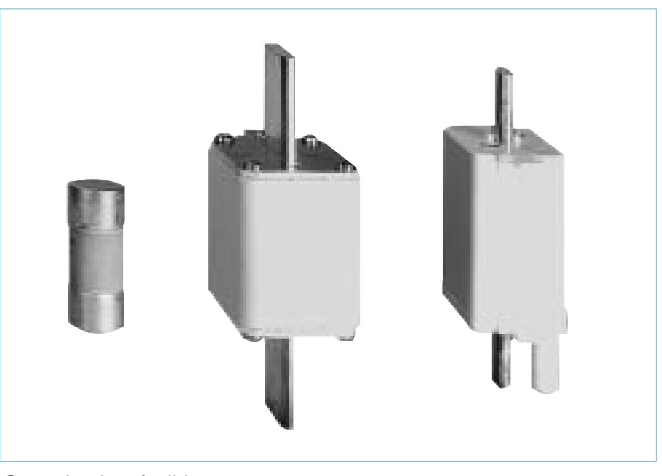
Fusibles “distribución” tipo gG (1)

Protegen a la vez contra los cortocircuitos y contra las sobrecargas a los circuitos con picos de corriente poco elevados (ejemplo: circuitos resistivos).
Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

Fusibles “motor” tipo aM

Protegen contra los cortocircuitos a los circuitos sometidos a picos de corriente elevados (picos magnetizantes en la puesta bajo tensión de los primarios de transformadores o electroimanes, picos de arranque de motores asíncronos, etc.). Las características de fusión de los fusibles aM “dejan pasar” las sobreintensidades, pero no ofrecen ninguna protección contra las sobrecargas. En caso de que también sea necesario este tipo de protección, debe emplearse otro dispositivo (por ejemplo, un relé térmico).
Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

(1) La norma IEC 269-2 ha cambiado la denominación “tipo g” por “tipo gG”.



Cortacircuitos fusibles

Dispositivo de protección contra funcionamiento monofásico (dpfm)

Se puede instalar en un portafusibles multipolar o en un seccionador portafusibles. Requiere fusibles con percutor (o indicadores de fusión).
Se trata de un dispositivo mecánico que se acciona mediante el percutor liberado cuando se funde un fusible. Controla la apertura de un contacto conectado en serie con la bobina del contactor. De este modo, queda garantizada la caída del contactor, es decir, la desconexión del receptor, incluso si sólo se funde un fusible.
También está disponible un contacto de cierre suplementario para señalizar el fallo a distancia.

Corriente de cortocircuito presumible Icc

Es el valor eficaz de la corriente simétrica permanente que se establecería en el punto considerado del circuito si se cambiara el dispositivo de protección por un conductor de impedancia despreciable. Este valor depende únicamente de la tensión de alimentación y de la impedancia por fase Z_0 (transformador + línea).
Se demuestra que el cálculo de la corriente de cortocircuito trifásica equivale al de la corriente de cortocircuito monofásica establecida entre una fase y el neutro. Es igual al cociente de la tensión simple E_0 (tensión entre fase y neutro) por la impedancia de línea Z_0 por fase. Dicha impedancia de línea incluye las resistencias R y las inductancias L de todos los elementos situados aguas arriba del cortocircuito.

$$\text{impedancia de línea } Z_0 = \sqrt{(\sum R^2) + (\sum L\omega^2)}$$

$$\text{corriente de cortocircuito } Icc = \frac{E_0}{Z_0}$$

Corriente de cortocircuito de un transformador

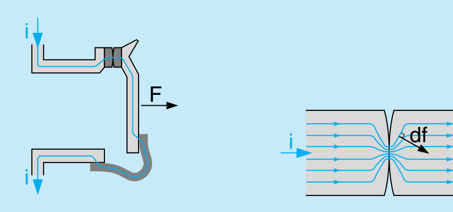
Es la corriente que suministraría el secundario de un transformador en cortocircuito (cortocircuito atornillado), con una alimentación normal del primario. En caso de cortocircuito en una instalación, este valor de corriente sólo se alcanza si el fallo se produce en las bornas del transformador. En los demás casos, queda limitada a un valor inferior debido a la impedancia de línea.
La siguiente tabla muestra las magnitudes de corriente de cortocircuito para transformadores de fabricación normal con una tensión secundaria de 400 V.

S (kVA)	**In** (A)	**Icc** (kA)
80	115	3
160	230	6
315	450	12
800	1.150	25
2.500	3.600	50

Efectos electrodinámicos

Entre dos conductores paralelos por los que circulan una corriente i1 e i2 aparece una fuerza que puede ser de atracción si las corrientes tienen el mismo sentido, y de repulsión si tienen sentidos opuestos. Por norma general, ambos conductores forman parte de un mismo circuito con igual corriente y sentidos opuestos. En tal caso, la fuerza es de repulsión y proporcional al cuadrado de la corriente.

En un juego de barras, la fuerza que aparece entre 2 barras de 1 m de longitud, separadas por 5 cm y atravesadas por una corriente de cresta de 50 kA, alcanza un valor de 1.000 daN o1 tonelada.
En un polo del contactor, los contactos fijo y móvil se separan sin recibir la orden de apertura en cuanto la fuerza de repulsión supera el valor de la fuerza que ejerce el resorte de compresión. Esta fuerza de repulsión de contacto se debe:
– al efecto de bucle: un polo se presenta como un bucle más o menos perfecto en función de la forma de las piezas que lo conforman y del modelo de contactor; cada pieza del polo está sometida a una fuerza electrodinámica dirigida hacia el exterior del bucle,
– a la estricción de las líneas de corriente en la zona de contacto.



Efecto de bucle *Estricción de las líneas de corriente*

Los esfuerzos electrodinámicos provocan en los componentes los siguientes efectos:
– rotura o deformación de las piezas y de los juegos de barras,
– repulsión de los contactos,
– propagación de los arcos eléctricos.

Efectos térmicos

Si se toma un conductor con una resistencia de 1 mΩ por el que circula una corriente eficaz de 50 kA durante 10 ms, la energía disipada de 2.500 julios equivale a una potencia de 250 kW.
En un contactor tripolar cuyos contactos se abren por repulsión generando arcos eléctricos, se puede estimar que la energía disipada es varias veces superior.
Los efectos térmicos de un cortocircuito provocan en los componentes los siguientes efectos:
– fusión de los contactos, de los bobinados de las biláminas y de las conexiones,
– calcinación de los materiales aislantes.

Los disyuntores magnéticos

Protegen los circuitos contra los cortocircuitos, dentro de los límites de su poder de corte a través de disparadores magnéticos (un disparador por fase). También protegen contra los contactos indirectos, siguiendo las normas sobre regímenes de neutro, para los esquemas TN o IT. Los esquemas TT pueden necesitar una protección diferencial residual (ver los esquemas de los regímenes de neutro en la página 273). Dependiendo del tipo de circuito que se desea proteger (distribución, motor, etc.), el umbral de disparo magnético se situará entre 3 y 15 veces la corriente térmica Ith. Dependiendo del tipo de disyuntor, dicho umbral de disparo puede ser fijo o ajustable por el usuario.
Todos los disyuntores pueden realizar cortes omnipolares: la puesta en funcionamiento de un solo disparador magnético basta para abrir simultáneamente todos los polos. Cuando la corriente de cortocircuito no es muy elevada, los disyuntores funcionan a mayor velocidad que los fusibles.

Características principales

Poder de corte

Es el valor máximo estimado de corriente de cortocircuito que puede interrumpir un disyuntor con una tensión y en unas condiciones determinadas. Se expresa en kiloamperios eficaces simétricos.
La norma IEC 947-2 define dos valores para el poder de corte de los disyuntores:
– el poder asignado de corte último Icu
Es el valor eficaz máximo de corriente que permite realizar un corte correctamente y a continuación una operación de cierre-apertura. Es prácticamente igual al poder de corte Icn ciclo P1 de la norma IEC 157-1.
– el poder asignado de corte de servicio Ics
Es el valor eficaz máximo de corriente que permite realizar un corte correctamente y a continuación dos operaciones de cierre-apertura. Es prácticamente igual al poder de corte Icn ciclo P2 de la norma IEC 157-1.

Poder de cierre

Es el valor máximo de corriente que puede establecer un disyuntor con su tensión nominal en condiciones determinadas. En corriente alterna, se expresa con el valor de cresta de la corriente.
El poder de cierre es igual a k veces el poder de corte, según se indica en la siguiente tabla (IEC 947-2).

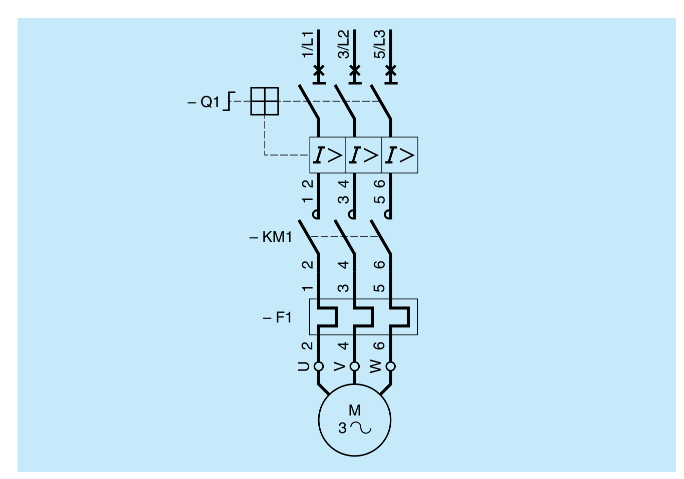
PdCo	cos φ	PdCi
4,5 kA < PdCo ≤ 6 kA	0,7	1,5 PdCo
6 kA < PdCo ≤ 10 kA	0,5	1,7 PdCo
10 kA < PdCo ≤ 20 kA	0,3	2 PdCo
20 kA < PdCo ≤ 50 kA	0,25	2,1 PdCo
50 kA < PdCo	0,2	2,2 PdCo

Autoprotección

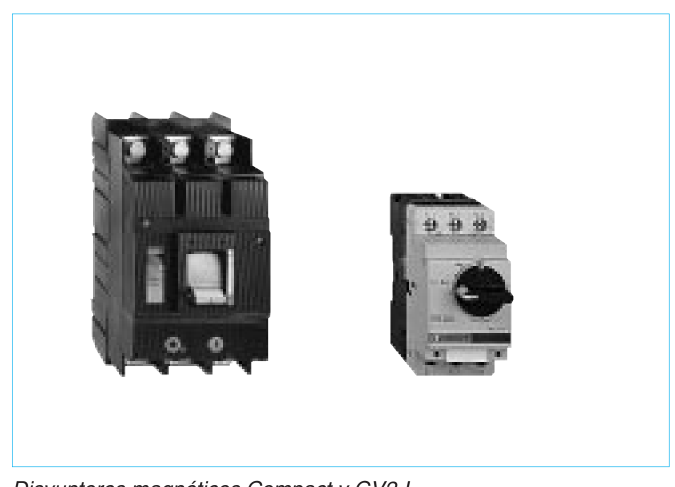
Es la aptitud que posee un aparato para limitar la corriente de cortocircuito con un valor inferior a su propio poder de corte, gracias a su impedancia interna.

Poder de limitación

Un disyuntor es además limitador cuando el valor de la corriente que realmente se interrumpe en caso de fallo es muy inferior al de la corriente de cortocircuito estimado.
La limitación de la corriente de cortocircuito depende de la velocidad de apertura del aparato y de su capacidad para generar una tensión de arco superior a la tensión de la red.
Permite atenuar los efectos térmicos y electrodinámicos, proporcionando así una mejor protección a los cables y al aparellaje.



Arrancador con disyuntor magnético



Disyuntores magnéticos Compact y GV2-L

Protección contra las sobrecargas

Los fallos más habituales en las máquinas son las sobrecargas, que se manifiestan a través de un aumento de la corriente absorbida por el motor y de ciertos efectos térmicos. El calentamiento normal de un motor eléctrico con una temperatura ambiente de 40 °C depende del tipo de aislamiento que utilice. Cada vez que se sobrepasa la temperatura límite de funcionamiento, los aislantes se desgastan prematuramente, acortando su vida útil. Por ejemplo, cuando la temperatura de funcionamiento de un motor en régimen permanente sobrepasa en 10 °C la temperatura definida por el tipo de aislamiento, la vida útil del motor se reduce un 50%.
Conviene señalar, no obstante, que cuando se produce un calentamiento excesivo como consecuencia de una sobrecarga, los efectos negativos no son inmediatos, siempre que ésta tenga una duración limitada y no se repita muy a menudo. Por lo tanto, no conlleva necesariamente la parada del motor, sin embargo, es importante recuperar rápidamente las condiciones de funcionamiento normales.
De todo lo expuesto se deduce que la correcta protección contra las sobrecargas resulta imprescindible para:
– optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas,
– garantizar la continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas,
– volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.
El sistema de protección contra las sobrecargas debe elegirse en función del nivel de protección deseado:
– relés térmicos de biláminas,
– relés de sondas para termistancias PTC,
– relés de máxima corriente,
– relés electrónicos con sistemas de protección complementarios.
Esta protección también puede estar integrada en aparatos de funciones múltiples, como los disyuntores motores o los contactores disyuntores que se describen en el apartado “Aparatos de funciones múltiples”.

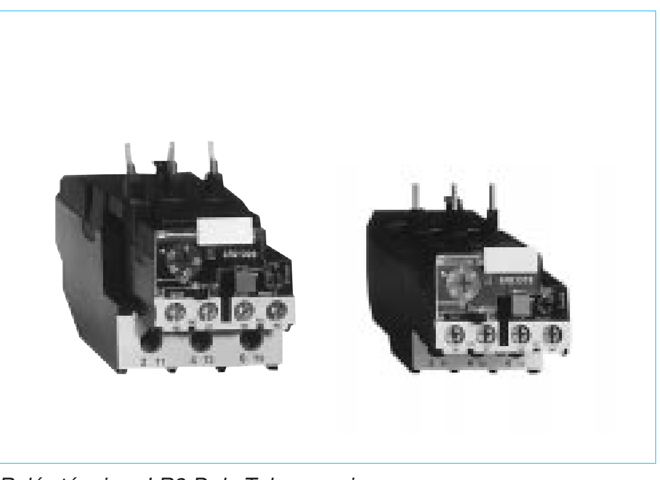
Los relés térmicos de biláminas

Los relés térmicos de biláminas son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Sus características más habituales son:
– tripolares,
– compensados, es decir, insensibles a los cambios de la temperatura ambiente,
– sensibles a una pérdida de fase (1), por lo que evitan el funcionamiento monofásico del motor,
– rearme automático o manual,
– graduación en “amperios motor”: visualización directa en el relé de la corriente indicada en la placa de características del motor.

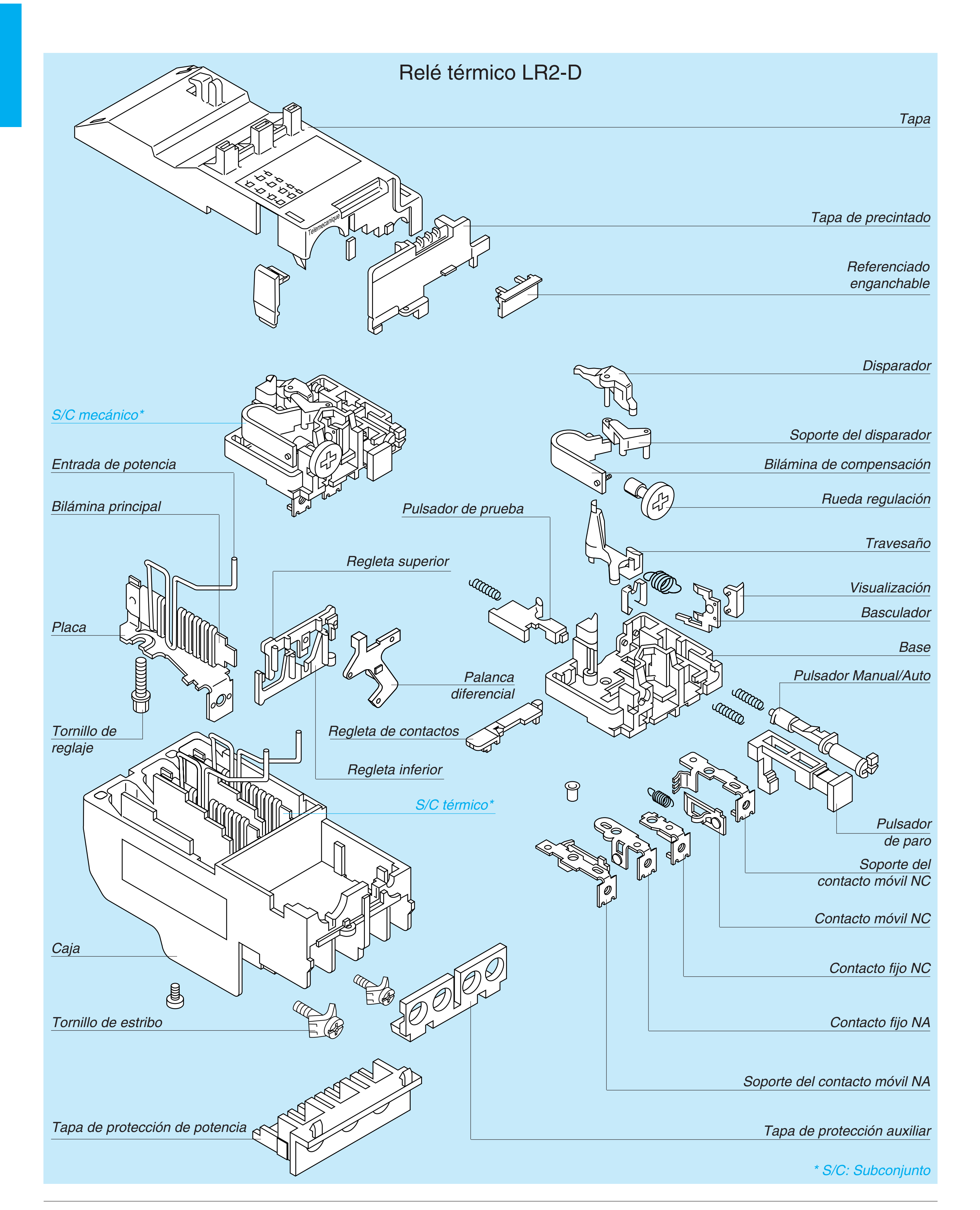
Principio de funcionamiento de los relés térmicos tripolares

Los relés térmicos tripolares poseen tres biláminas compuestas cada una por dos metales con coeficientes de dilatación muy diferentes unidos mediante laminación y rodeadas de un bobinado de calentamiento.
Cada bobinado de calentamiento está conectado en serie a una fase del motor. La corriente absorbida por el motor calienta los bobinados, haciendo que las biláminas se deformen en mayor o menor grado según la intensidad de dicha corriente. La deformación de las biláminas provoca a su vez el movimiento giratorio de una leva o de un árbol unido al dispositivo de disparo.
Si la corriente absorbida por el receptor supera el valor de reglaje del relé, las biláminas se deformarán lo bastante como para que la pieza a la que están unidas las partes móviles de los contactos se libere del tope de sujeción. Este movimiento causa la apertura brusca del contacto del relé intercalado en el circuito de la bobina del contactor y el cierre del contacto de señalización. El rearme no será posible hasta que se enfríen las biláminas.

(1) La norma IEC 947-4 sustituye el concepto de “relé diferencial” por el de “relé sensible a una pérdida de fase”.



Relés térmicos LR2-D de Telemecanique


Relé térmico LR2-D
Tapa
Tapa de precintado
Referenciado enganchable
Disparador
S/C mecánico*
Soporte del disparador
Entrada de potencia
Bilámina de compensación
Rueda regulación
Bilámina principal
Pulsador de prueba
Travesaño
Regleta superior
Visualización
Basculador
Placa
Base
Palanca diferencial
Pulsador Manual/Auto
Tornillo de reglaje
Regleta de contactos
Regleta inferior
S/C térmico*
Pulsador de paro
Soporte del contacto móvil NC
Contacto móvil NC
Caja
Contacto fijo NC
Tornillo de estribo
Contacto fijo NA
Soporte del contacto móvil NA
Tapa de protección de potencia
Tapa de protección auxiliar
* S/C: Subconjunto
Télémecanique

Compensación de la temperatura ambiente

La curvatura que adoptan las biláminas no sólo se debe al calentamiento que provoca la corriente que circula en las fases, sino también a los cambios de la temperatura ambiente. Este factor ambiental se corrige con una bilámina de compensación sensible únicamente a los cambios de la temperatura ambiente y que está montada en oposición a las biláminas principales.
Cuando no hay corriente, la curvatura de las biláminas se debe a la temperatura ambiente. Esta curvatura se corrige con la de la bilámina de compensación, de forma tal que los cambios de la temperatura ambiente no afecten a la posición del tope de sujeción. Por lo tanto, la curvatura causada por la corriente es la única que puede mover el tope provocando el disparo.
Los relés térmicos compensados son insensibles a los cambios de la temperatura ambiente, normalmente comprendidos entre –40 °C y + 60 °C.

Reglaje

Los relés se regulan con un pulsador que modifica el recorrido angular que efectúa el extremo de la bilámina de compensación para liberarse del dispositivo de sujeción que mantiene el relé en posición armada.
La rueda graduada en amperios permite regular el relé con mucha precisión. La corriente límite de disparo está comprendida entre 1,05 y 1,20 veces el valor indicado.

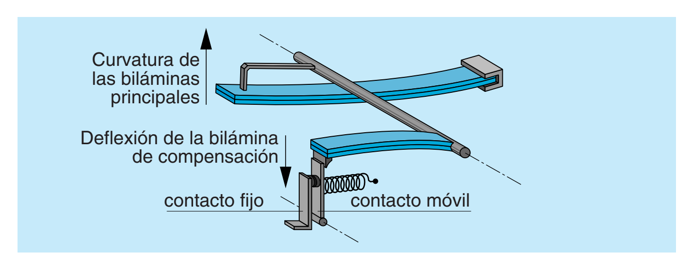
Detección de una pérdida de fase

Este dispositivo provoca el disparo del relé en caso de ausencia de corriente en una fase (funcionamiento monofásico). Lo componen dos regletas que se mueven solidariamente con las biláminas. La bilámina correspondiente a la fase no alimentada no se deforma y bloquea el movimiento de una de las dos regletas, provocando el disparo.
Los receptores alimentados en corriente monofásica o continua se pueden proteger instalando en serie dos biláminas que permiten utilizar relés sensibles a una pérdida de fase.
Para este tipo de aplicaciones, también existen relés no sensibles a una pérdida de fase.

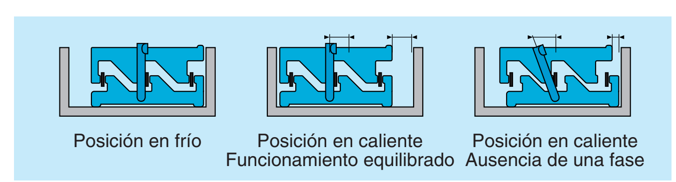
Clases de disparo

Los relés térmicos se utilizan para proteger los motores de las sobrecargas, pero durante la fase de arranque deben permitir que pase la sobrecarga temporal que provoca el pico de corriente, y activarse únicamente si dicho pico, es decir la duración del arranque, resulta excesivamente larga.
La duración del arranque normal del motor es distinta para cada aplicación; puede ser de tan sólo unos segundos (arranque en vacío, bajo par resistente de la máquina arrastrada, etc.) o de varias decenas de segundos (máquina arrastrada con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración de arranque. La norma IEC 947-4-1-1 responde a esta necesidad definiendo tres tipos de disparo para los relés de protección térmica:
• Relés de clase 10
Válidos para todas las aplicaciones corrientes con una duración de arranque inferior a 10 segundos.
• Relés de clase 20
Admiten arranques de hasta 20 segundos de duración.
• Relés de clase 30
Para arranques con un máximo de 30 segundos de duración.
Observación importante: en las aplicaciones con un arranque prolongado, conviene comprobar que todos los elementos del arrancador (contactores, aparatos de protección contra los cortocircuitos, cables, etc.) están dimensionados para soportar la corriente de arranque sin calentarse demasiado.

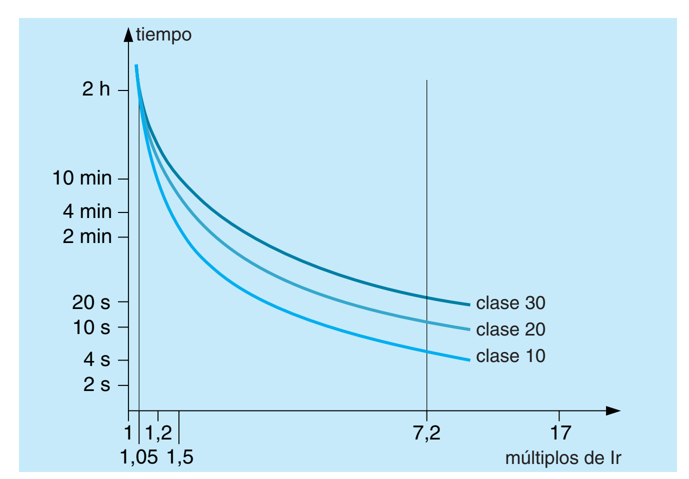
	1,05 Ir	**1,2 Ir**	**1,5 Ir**	**7,2 Ir**
Clase	tiempo de disparo en frío			
10 A	> 2 h	< 2 h	< 2 min	2 s ≤ tp ≤ 10 s
10	> 2 h	< 2 h	> 4 min	2 s ≤ tp ≤ 10 s
20	> 2 h	< 2 h	> 8 min	2 s ≤ tp ≤ 20 s
30	> 2 h	< 2 h	> 12 min	2 s ≤ tp ≤ 30 s



Principio de compensación de la temperatura ambiente



Principio de detección de pérdida de fase



Curvas de disparo de los relés térmicos

Modos de rearme

El relé de protección se puede adaptar fácilmente a las diversas condiciones de explotación eligiendo el modo de rearme Manual o Auto (dispositivo de selección situado en la parte frontal del relé), que permite tres procedimientos de rearranque:

• las máquinas simples que pueden funcionar sin control especial y consideradas no peligrosas (bombas, climatizadores, etc.) se pueden rearrancar automáticamente cuando se enfrían las biláminas:

rearme Auto, esquema 3 hilos

• en los automatismos complejos, el rearranque requiere la presencia de un operario por motivos de índole técnica y de seguridad:

rearme Auto, esquema 2 hilos

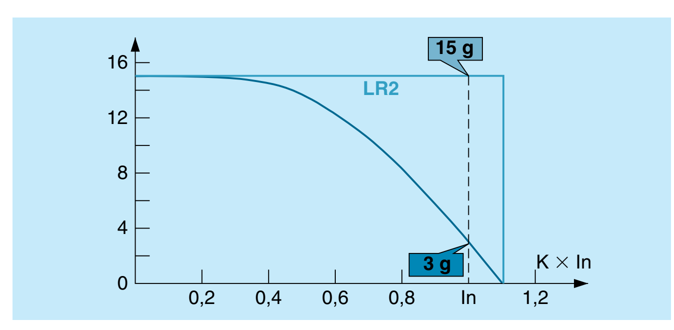
También se recomienda este tipo de esquema para los equipos de difícil acceso.

• por motivos de seguridad, las operaciones de rearme del relé en funcionamiento local y de arranque de la máquina debe realizarlas obligatoriamente el personal cualificado:

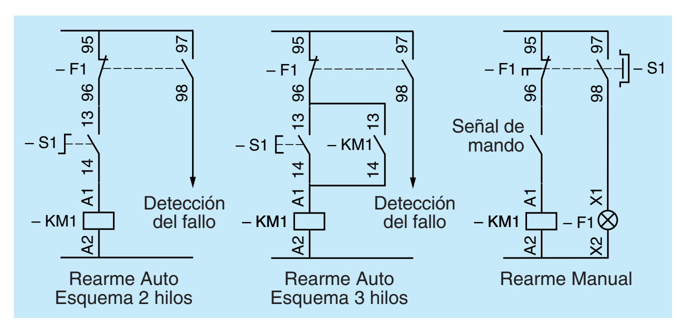
rearme Manual

Control de los contactos auxiliares

En los relés térmicos con basculador simple, la presión de los contactos disminuye a medida que las biláminas se deforman. Este inconveniente se puede evitar gracias al dispositivo llamado “de doble percusión” (patentado por Telemecanique) utilizado en los relés térmicos con biláminas de clase 10 y 20 serie D de Telemecanique, que mantiene la presión de contacto hasta el umbral de basculamiento. Dicho dispositivo elimina los riesgos de disparo accidental debido a vibraciones o choques indirectos al tiempo que garantiza el cambio de estado franco de los contactos.



Presión de contacto de los relés térmicos LR2-D de Telemecanique



Rearme de los relés térmicos LR2-D de Telemecanique

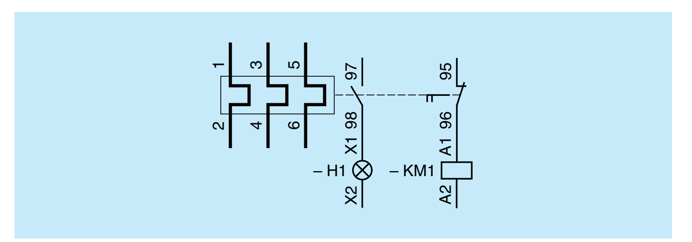
Asociación con un contactor

Circuito de potencia: cada bobinado de calentamiento debe intercalarse en una fase o polaridad del receptor protegido.

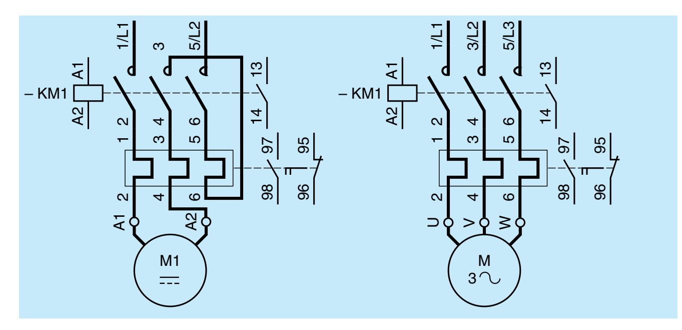
Circuito de control: el contacto de apertura del relé debe conectarse en serie dentro del circuito de la bobina del contactor que controla la puesta bajo tensión del receptor.

Asociación con un dispositivo de protección contra los cortocircuitos

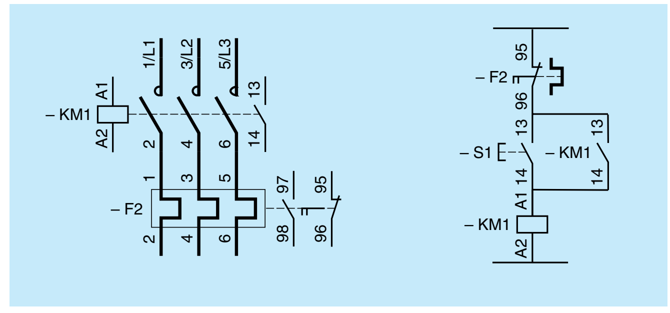
Los relés térmicos no sólo no protegen contra los cortocircuitos sino que requieren una protección contra los mismos, por lo que es necesario asociarles un disyuntor o fusibles.



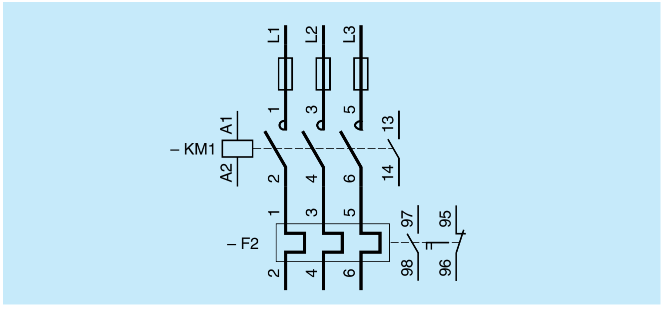
Control de un piloto de señalización y de una bobina de contactor



Protección de circuitos monofásicos y trifásicos



Asociación de relé térmico y contactor



Asociación de relé térmico y fusibles

Los relés con sondas de termistancias PTC

Este sistema de protección controla la temperatura real del elemento protegido. Se compone de:

– una o varias sondas de termistancias con coeficiente de temperatura positivo (PTC). La resistencia de estos componentes estáticos aumenta bruscamente cuando la temperatura alcanza el umbral llamado **T**emperatura **N**ominal de **F**uncionamiento (TNF),

– un dispositivo electrónico, alimentado en corriente alterna o continua, que mide permanentemente la resistencia de las sondas asociadas. Un circuito detecta el fuerte aumento del valor de la resistencia que se produce cuando se alcanza la TNF y ordena el cambio de estado de los contactos de salida.

En función del tipo de sondas, este modo de protección puede activar una alarma sin detener la máquina (TNF de las sondas inferior a la temperatura máxima especificada para el elemento protegido), o detener la máquina (la TNF coincide con la temperatura máxima especificada).

Existen dos tipos de relés de sondas:

– de rearme automático, cuando la temperatura de las sondas tiene un valor inferior a la TNF,

– de rearme manual local o a distancia, ya que el pulsador de rearme no resulta efectivo mientras la temperatura sea superior a la TNF.

El disparo se activa con los siguientes fallos:

– se ha superado la TNF,

– corte de las sondas o de la línea sondas-relés,

– cortocircuito de las sondas o de la línea sondas-relés,

– ausencia de la tensión de alimentación del relé.

Las sondas miden la temperatura con absoluta precisión, ya que, debido a su reducido tamaño, tienen una inercia térmica muy pequeña que garantiza un tiempo de respuesta muy corto.

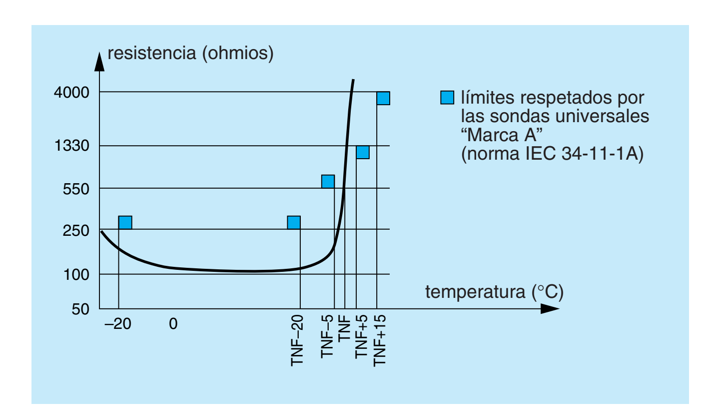
Aplicaciones

Los relés de sondas controlan directamente la temperatura de los devanados estatóricos, lo que les permite proteger los motores contra los calentamientos debidos a sobrecargas, aumento de la temperatura ambiente, fallos del circuito de ventilación, número de arranques elevado, funcionamiento por impulsos, arranque anormalmente prolongado, etc. Sin embargo, para utilizar este modo de protección, es necesario que las sondas se hayan incorporado a los bobinados durante el proceso de fabricación del motor o al realizarse un rebobinado tras un accidente.

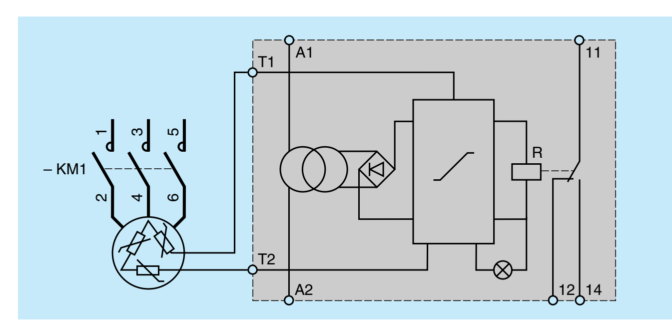
Los relés de sondas también se utilizan para controlar el calentamiento de los elementos mecánicos de los motores o demás aparatos que admitan sondas: cojinetes, circuitos de engrase, fluidos de refrigeración, resistencias de arranque, radiadores de semiconductores, etc.

El número máximo de sondas que se pueden asociar en serie en el mismo relé depende del tipo de relé y del tipo de sonda (100 o 250 ohmios a 25 °C). Dichas sondas pueden tener una TNF diferente, lo que permite controlar con un solo relé todos los elementos con temperaturas de funcionamiento distintas. Sin embargo, esta solución sólo se recomienda en los casos en los que no sea necesario localizar los fallos con gran precisión.

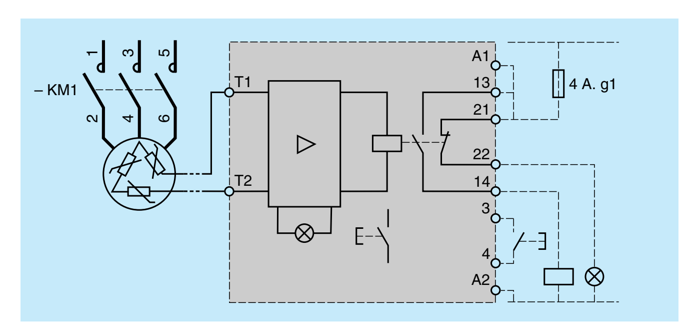
Ubicación de una sonda de termistancia PTC



Características de una sonda de termistancia PTC



Control de un motor con termistancias, sin memorización



Control de un motor con termistancias, con memorización

Los relés electromagnéticos de máxima corriente

Los relés electromagnéticos de máxima corriente se utilizan para proteger las instalaciones sometidas a picos de corriente frecuentes (por ejemplo, arranque de motores de anillos en aparatos de elevación) contra las sobrecargas importantes en los casos en los que, a causa de arranques demasiado frecuentes, variaciones bruscas del par o riesgos de calado, resulte imposible utilizar relés térmicos de biláminas.

Principio de funcionamiento

Los principales elementos de los relés son:
– un circuito magnético, formado por una parte fija, una armadura móvil y una bobina,
– un mecanismo de disparo accionado a través de la armadura móvil y que actúa sobre contactos auxiliares NC + NA.
La corriente que se desea controlar atraviesa la bobina, conectada en serie a una de las fases del receptor. Cuando dicha corriente rebasa el valor de reglaje, el campo magnético que genera la bobina es suficiente para atraer la armadura móvil y cambiar el estado de los contactos.
El contacto de apertura se encuentra en el circuito de la bobina del contactor principal, por lo que éste se abre.

Dispositivo de reglaje

El reglaje se realiza reduciendo o aumentando el ángulo de apertura de la armadura móvil, lo que modifica el entrehierro, y por tanto, el número de amperios-vuelta necesarios para cerrar el circuito magnético. El dispositivo de reglaje está graduado en amperios, por lo que basta con indicar el valor de la corriente de disparo.

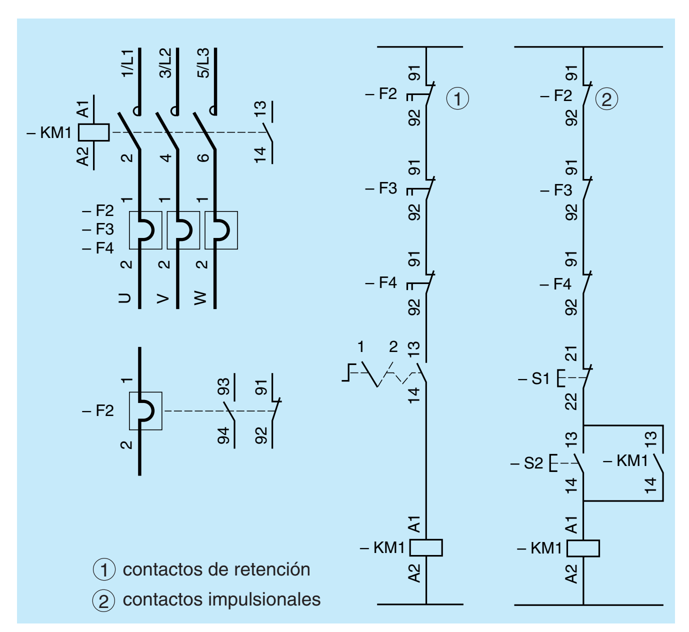
Asociación con un contactor

♦ Circuito de potencia
Inclusión de un relé en cada una de las fases de alimentación del receptor protegido.

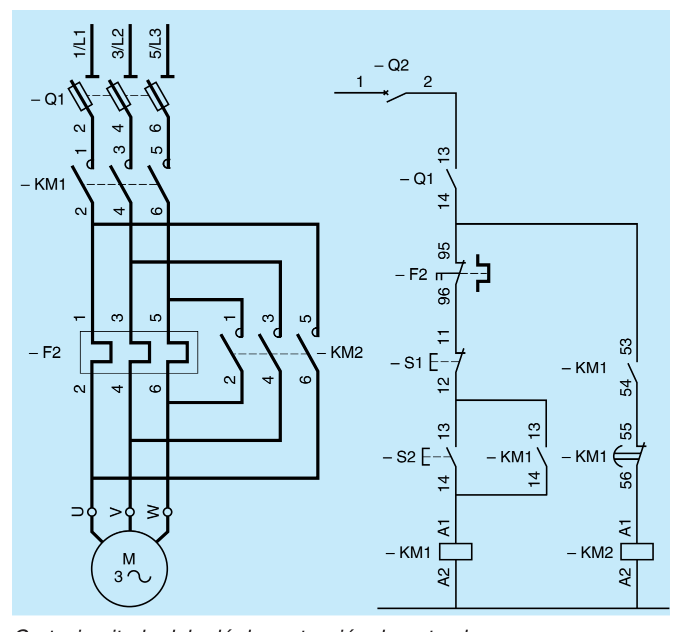
♦ Circuito de control
El contacto de disparo de cada relé debe asociarse en serie en el circuito de la bobina del contactor que alimenta el receptor. Este contacto puede ser de retención o fugaz:
– contacto de retención
Cuando se dispara el relé, los contactos se mantienen mecánicamente. El relé debe rearmarse manualmente o con un dispositivo de rearme eléctrico a distancia.
Con los esquemas de control 2 hilos hay que utilizar obligatoriamente contactos de retención, para que el contactor no ratee.
– contacto impulsional
El contacto de disparo vuelve a la posición inicial después del funcionamiento del relé y la apertura del contactor, por lo que debe utilizarse obligatoriamente con un esquema 3 hilos.
En ambos casos, resulta imprescindible solucionar el fallo antes de rearmar el relé (contacto de retención) o de volver a activar el pulsador de marcha (contacto impulsional).

Protección de motores de arranque prolongado

Para proteger los motores de arranque prolongado contra las sobrecargas es preferible utilizar relés de biláminas de clase 20 o 30 (ver la página 17). Pero en caso de que esta protección resulte imposible (por ejemplo, cuando la duración del arranque rebase los límites que determina la norma sobre clases de disparo) la protección deberá realizarse:
– mediante un relé con sondas de termistancias (ver la página 19),
– mediante un relé térmico de clase 10 alimentado a través de los secundarios de tres transformadores de corriente con bajo índice de saturación,
– cortocircuitando un relé térmico de clase 10 durante el arranque con ayuda de un contactor. Al final del arranque, un



Asociación de tres relés electromagnéticos con un contactor



Cortocircuitado del relé de protección durante el arranque

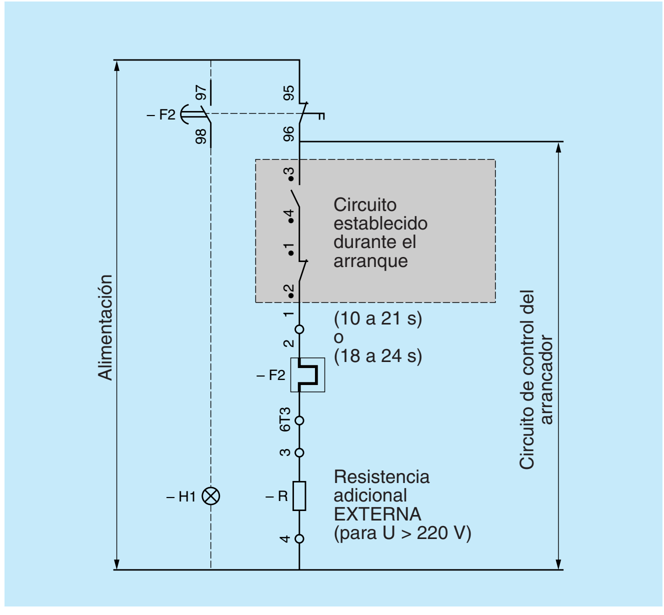
contacto auxiliar temporizado controla la apertura del contactor de cortocircuitado, volviendo a asociar las biláminas del relé en el circuito del motor. No obstante, conviene señalar que si durante el arranque se produce un corte de fase, el relé térmico no lo detectará hasta que se desactive el contactor de cortocircuitado.

Los relés temporizadores térmicos

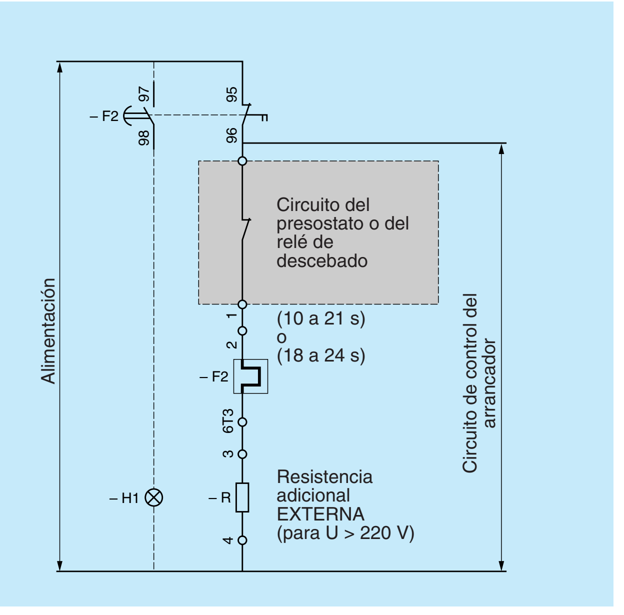
Los relés temporizadores térmicos tienen dos funciones:
– controlar, desde que se ponen bajo tensión mediante un contacto auxiliar, que las operaciones no duren más de lo previsto,
– temporizar las acciones de los relés midiendo la corriente o la tensión.
Se utilizan principalmente para:
– proteger la resistencia o el autotransformador de arranque de un motor contra los arranques demasiado frecuentes, prolongados o incompletos. Permite realizar arrancadores conformes a las normas IEC 947-4-1, NF/EN 60947-4-1, DIN VDE 0660 T102 (idéntica a la norma EN 60947-4-1),
– retrasar las paradas de seguridad hasta el momento en el que la persistencia o la repetición de un fenómeno resulten peligrosas (por ejemplo: descebado de una bomba, falta de presión del aceite de una máquina, etc.).

Principio de funcionamiento

Los principales elementos de los relés son:
– una bilámina rodeada de un bobinado de calentamiento conectado en serie a una o varias resistencias,
– una caja de material moldeado con un contacto NC y un contacto NA de retención,
– un pulsador de rearme,
– una rueda frontal para regular el tiempo de disparo.
El conjunto compuesto por el bobinado de calentamiento y la resistencia está conectado entre los dos hilos de alimentación del circuito de control del equipo. Dentro del circuito del bobinado de calentamiento del relé hay un contacto NA (3-4) que controla su puesta bajo tensión desde que se inicia el arranque o el fenómeno que se debe controlar, y un contacto NC (1-2) que controla la finalización de los mismos. Cuando arranca el motor o se inicia el fenómeno, el contacto (3-4) se cierra. A partir de este momento, se establece el contacto (1-2) y el bobinado de calentamiento del relé se pone bajo tensión. Durante todo el tiempo que duran el arranque o el fenómeno, el calor va deformando progresivamente la bilámina. Pueden darse dos casos:
– la duración es inferior al tiempo determinado en el relé. Cuando finalizan el arranque o el fenómeno, el contacto (1-2) se abre. La tensión del bobinado de calentamiento se interrumpe, la bilámina se enfría y el relé está preparado para controlar el siguiente ciclo,
– la duración del arranque o del fenómeno es superior al tiempo determinado. La bilámina se deforma de tal manera que provoca el disparo del relé. El contacto de retención (95-96) se abre y ordena la apertura de todos los contactores esclavos. Después de solucionar el accidente, el operario debe rearmar el relé antes de volver a poner la instalación en funcionamiento.



Arrancador rotórico



Estación de aire comprimido o de bombeo

Relés de control y de medida

Aunque los arrancadores siempre incluyen una protección contra los cortocircuitos y las sobrecargas, puede que algunas aplicaciones requieran un sistema de protección adicional (control de la tensión, de la resistencia de aislamiento, etc.), sin que por ello sea necesario instalar relés multifunción. Los relés de control y de medida específicos constituyen una solución que se adapta exactamente a la necesidad concreta:

♦ Controlar la tensión de alimentación

Para que todos los componentes de un equipo de automatismo funcionen correctamente, la tensión de alimentación de éste debe mantenerse dentro de un determinado rango, que varía según los aparatos. En caso de cambio de tensión, y concretamente en caso de subtensión, aunque sea transitoria, los relés de mínima tensión permiten activar una alarma o interrumpir la alimentación de la instalación.

♦ Controlar la alimentación de las 3 fases

Un corte de fase en el circuito de un receptor puede llegar a afectar a un sector o al conjunto de la instalación, provocando perturbaciones en algunos circuitos. Por lo tanto, conviene detectar este tipo de cortes en cuanto aparecen.

♦ Controlar el orden de las fases

La inversión de las fases puede provocar graves desperfectos mecánicos en la máquina arrastrada. Los accidentes de este tipo se producen, por ejemplo, después de una intervención por motivos de mantenimiento o de reparación.

♦ Controlar la resistencia de aislamiento

Los fallos de aislamiento pueden resultar peligrosos para el funcionamiento, el material y el personal.

♦ Controlar la evolución de una variable

La ejecución de determinadas operaciones puede estar condicionada por la evolución de una tensión o una corriente. Los relés permiten controlar los umbrales regulables.

♦ Controlar el nivel de los líquidos

Este tipo de relés se puede utilizar, por ejemplo, para evitar el descebado de una bomba.





Relés de control y de medida de Telemecanique

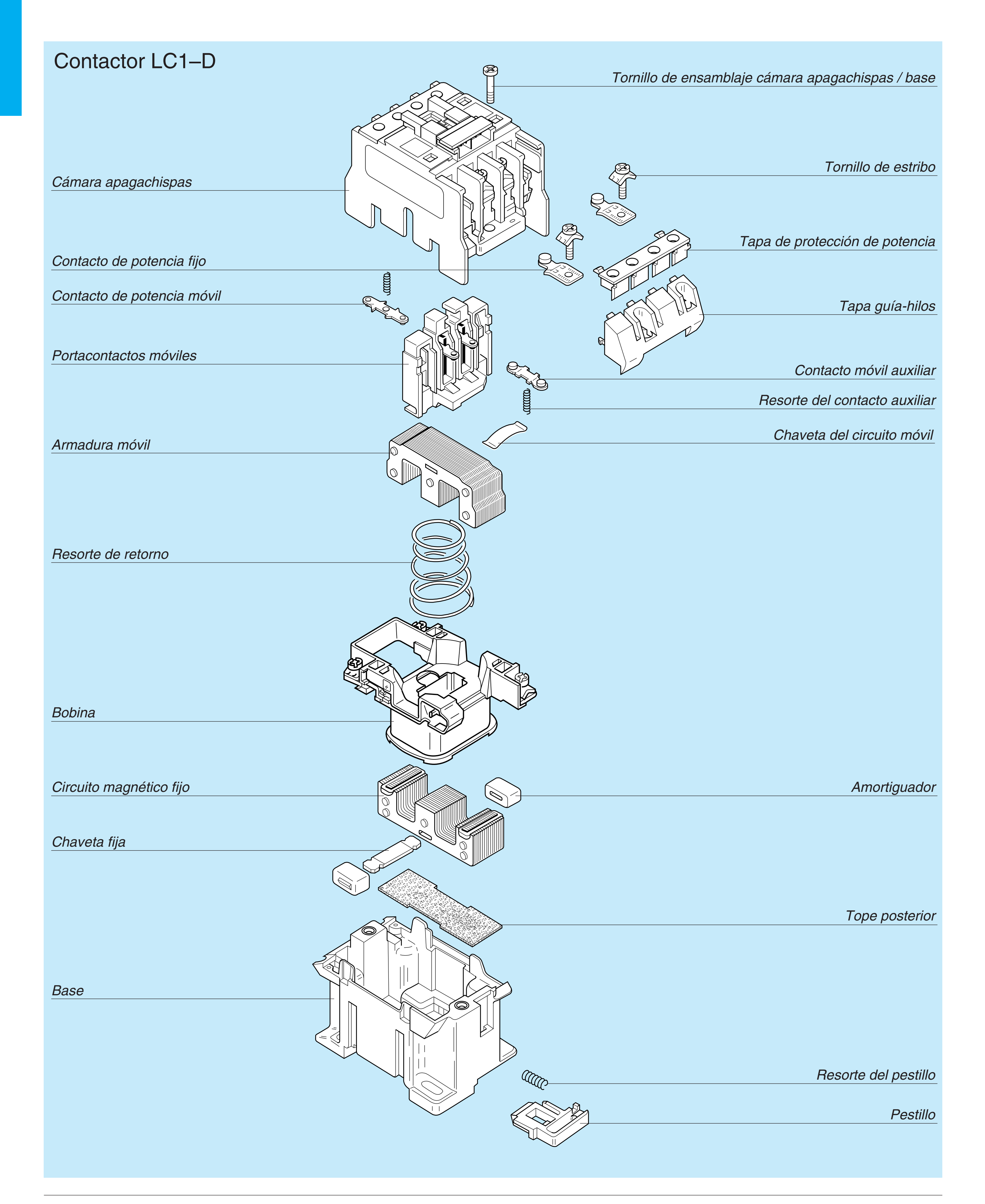
Conmutación todo o nada

La función conmutación todo o nada establece e interrumpe la alimentación de los receptores. Esta suele ser la función de los contactores electromagnéticos.
En la mayoría de los casos, el control a distancia resulta imprescindible para facilitar la utilización así como la tarea del operario, que suele estar alejado de los mandos de control de potencia. Como norma general, dicho control ofrece información sobre la acción desarrollada que se puede visualizar a través de los pilotos luminosos o de un segundo dispositivo. Estos circuitos eléctricos complementarios llamados "circuitos de esclavización y de señalización" se realizan mediante contactos auxiliares que se incorporan a los contactores, a los contactores auxiliares o a los relés de automatismo, o que ya están incluidos en los bloques aditivos que se montan en los contactores y los contactores auxiliares.
La conmutación todo o nada también puede realizarse con relés y contactores estáticos. Del mismo modo, puede integrarse en aparatos de funciones múltiples, como los disyuntores motores o los contactores disyuntores descritos en el subcapítulo "Aparatos de funciones múltiples".

El contactor electromagnético

El contactor electromagnético es un aparato mecánico de conexión controlado mediante electroimán y con funcionamiento todo o nada. Cuando la bobina del electroimán está bajo tensión, el contactor se cierra, estableciendo a través de los polos un circuito entre la red de alimentación y el receptor. El desplazamiento de la parte móvil del electroimán que arrastra las partes móviles de los polos y de los contactos auxiliares o, en determinados casos, del dispositivo de control de éstos, puede ser:
– rotativo, girando sobre un eje,
– lineal, deslizándose en paralelo a las partes fijas,
– una combinación de ambos.
Cuando se interrumpe la alimentación de la bobina, el circuito magnético se desmagnetiza y el contactor se abre por efecto de:
– los resortes de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil,
– la fuerza de gravedad, en determinados aparatos (las partes móviles recuperan su posición de partida).
El contactor ofrece numerosas ventajas, entre las que destacan la posibilidad de:
– interrumpir las corrientes monofásicas o polifásicas elevadas accionando un auxiliar de mando recorrido por una corriente de baja intensidad,
– funcionar tanto en servicio intermitente como en continuo,
– controlar a distancia de forma manual o automática, utilizando hilos de sección pequeña o acortando significativamente los cables de potencia,
– aumentar los puestos de control y situarlos cerca del operario.
A estas características hay que añadir que el contactor:
– es muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos delicados,
– se adapta con rapidez y facilidad a la tensión de alimentación del circuito de control (cambio de bobina),
– garantiza la seguridad del personal contra arranques inesperados en caso de interrupción de corriente momentánea (mediante pulsadores de control),
– facilita la distribución de los puestos de paro de emergencia y de los puestos esclavos, impidiendo que la máquina se ponga en marcha sin que se hayan tomado todas las precauciones necesarias,
– protege el receptor contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima),
– puede incluirse en equipos de automatismos sencillos o complejos.

Contactor LC1–D



Composición de un contactor electromagnético

EL ELECTROIMAN

El electroimán es el elemento motor del contactor. Sus elementos más importantes son el circuito magnético y la bobina. Se presenta bajo distintas formas en función del tipo de contactor e incluso del tipo de corriente de alimentación, alterna o continua.
El circuito magnético incluye un entrehierro reducido en posición “cerrado” que evita que se produzcan remanencias (1). Se obtiene retirando el metal o intercalando un material amagnético (2).
El recorrido de llamada es la distancia que media entre la parte fija y la parte móvil del circuito cuando el contactor está en reposo. El recorrido de aplastamiento es la distancia que media entre ambas partes cuando los polos entran en contacto.
Los resortes que presionan los polos se comprimen durante el recorrido de aplastamiento y hasta el final del mismo.

Circuito magnético de corriente alterna

♦ Características

– chapas de acero al silicio unidas mediante remache o soldadura,
– circuito laminado para reducir las corrientes de Foucault que se originan en toda masa metálica sometida a un flujo alterno (las corrientes de Foucault reducen el flujo útil de una corriente magnetizante determinada y calientan innecesariamente el circuito magnético),
– uno o dos anillos de desfase, o espiras de Frager, que generan en una parte del circuito un flujo decalado con respecto al flujo alterno principal. Con este mecanismo se evita la anulación periódica del flujo total, y por consiguiente, de la fuerza de atracción (lo que podría provocar ruidosas vibraciones).

(1) Remanencia: un contactor remanente es un contactor que permanece cerrado cuando las bornas de su bobina ya no están bajo tensión.
(2) Amagnético: que no conserva el magnetismo; el cobre y el latón son metales amagnéticos.

♦ Utilización en corriente continua

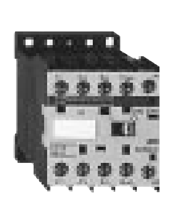
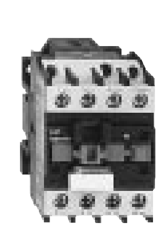
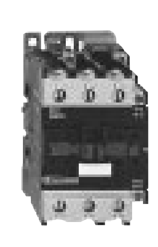
Los circuitos magnéticos laminados se pueden utilizar en corriente continua con total normalidad. En tal caso, es necesario emplear una bobina distinta a la que se utiliza con tensión alterna de igual intensidad. También es preciso intercalar una resistencia de reducción de consumo en el circuito de control de la bobina en cuanto se cierra el contactor (ver la página 27).

Circuito magnético en corriente continua

En el circuito magnético de los electroimanes alimentados en corriente continua no se forman corrientes de Foucault. En determinados casos, es preferible utilizar un electroimán específico para corriente continua de acero macizo en lugar de adaptar un circuito magnético laminado de corriente alterna.

LA BOBINA

La bobina genera el flujo magnético necesario para atraer la armadura móvil del electroimán.
Puede estar montada en una rama del circuito magnético o, excepcionalmente, en dos, según el modelo de contactor.
Está diseñada para soportar los choques mecánicos que provocan el cierre y la apertura de los circuitos magnéticos y los choques electromagnéticos que se producen cuando la corriente recorre las espiras.
Para atenuar los choques mecánicos, la bobina o el circuito magnético, y en algunos casos ambos, están montados sobre unos amortiguadores.
Las bobinas que se utilizan hoy en día son muy resistentes a las sobretensiones, a los choques y a los ambientes agresivos. Están fabricadas con hilo de cobre cubierto de un esmalte de grado 2 y soportan temperaturas de 155 °C, o incluso de 180 °C. Existen bobinas impregnadas al vacío o sobremoldeadas.



Contactores Telemecanique

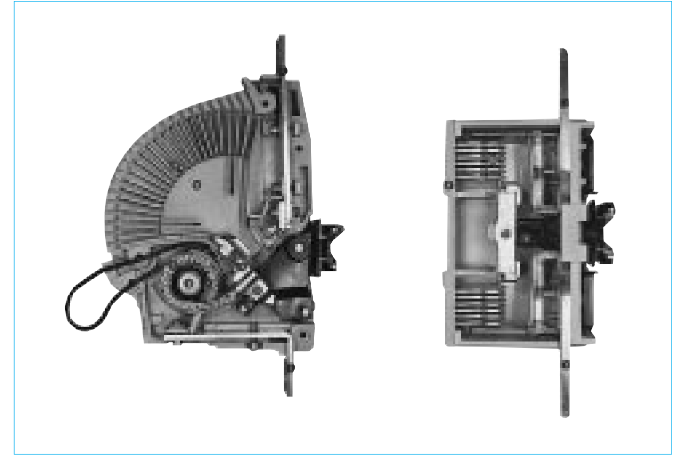
LOS POLOS

La función de los polos consiste en establecer o interrumpir la corriente dentro del circuito de potencia. Están dimensionados para que pase la corriente nominal del contactor en servicio permanente sin calentamientos anómalos. Consta de una parte fija y una parte móvil. Esta última incluye unos resortes que transmiten la presión correcta a los contactos que están fabricados con una aleación de plata con una excepcional resistencia a la oxidación, mecánica y al arco (1).
Los contactos pueden ser de doble corte o de simple corte.
Los contactos de doble corte están muy bien adaptados a todas las aplicaciones en corriente alterna (servicio intensivo, AC-3, AC-4, etc.) y permiten realizar aparatos compactos.
Los contactos de simple corte suelen incluir un dispositivo apagachispas magnético. Se recomienda utilizarlos para cortar corrientes continuas y para aplicaciones con servicio severo.
Los polos ruptores, utilizados para resolver determinados problemas de automatismo, funcionan al contrario que los polos normales: los contactos se encuentran en estado pasante cuando el electroimán de control no está bajo tensión, y no pasante cuando recibe alimentación.

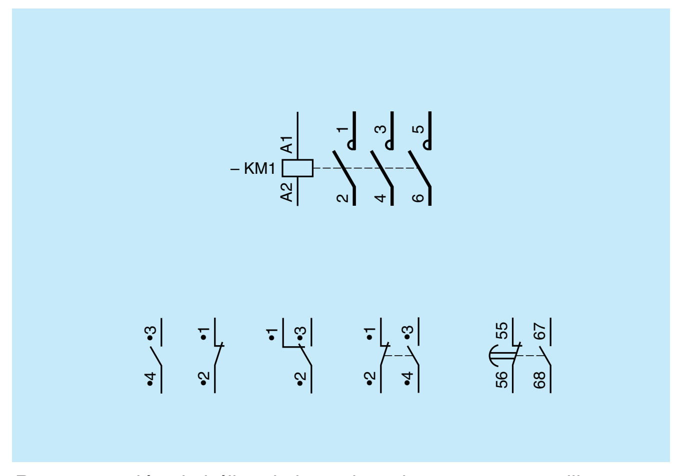
LOS CONTACTOS AUXILIARES

Los contactos auxiliares realizan las funciones de automantenimiento, esclavización, enclavamiento de los contactores y señalización. Existen tres tipos básicos:
– contactos instantáneos de cierre NA, abiertos (no pasantes) cuando el contactor está en reposo, y cerrados (pasantes) cuando el electroimán está bajo tensión,
– contactos instantáneos de apertura NC, cerrados (pasantes) cuando el contactor está en reposo, y abiertos (no pasantes) cuando el electroimán está bajo tensión,
– contactos instantáneos NA/NC. Cuando el contactor está en reposo, el contacto NA se encuentra en estado no pasante y el contacto NC en estado pasante. El estado de los contactos se invierte cuando se cierra el contactor. Los dos contactos tienen un punto común.
Los contactos temporizados NA o NC se establecen o se separan cuando ha transcurrido un tiempo determinado después del cierre o la apertura del contactor que los activa. Este tiempo se puede regular.

(1) Ver “corte de corrientes: el arco eléctrico” en la página 29.



Polos de simple y doble corte



Representación simbólica de los polos y los contactos auxiliares

Comportamiento de un circuito magnético en corriente alterna y continua

Relación entre fuerza de atracción y corriente de control

Cuando el contactor está en reposo, en posición de llamada, las líneas de fuerza del campo magnético presentan un amplio recorrido en el aire y la reluctancia (1) total del circuito magnético **ℜa** es muy elevada. Por lo tanto, se necesita una corriente de llamada **Ia** elevada para generar una fuerza de atracción superior a la del resorte de retorno y provocar el accionamiento.

$$\phi a = \frac{nIa\ (\text{elevada})\ (2)}{\Re a\ (\text{muy elevada})}$$

Cuando el contactor se encuentra en posición "trabajo", el circuito magnético cerrado tiene una reluctancia **ℜf** muy baja. En este caso, la fuerza de atracción debe ser mayor para equilibrar la fuerza de los resortes de presión de los polos. Pero la escasa reluctancia permite conseguir un flujo correspondiente **ϕf** con una corriente mucho menor que la corriente de llamada:

$$\phi f = \frac{nIf\ (\text{baja})}{\Re f\ (\text{muy baja})}$$

En síntesis, para mantener el circuito magnético cerrado, es suficiente una corriente **If** bastante menor que la corriente de llamada **Ia** necesaria para la activación.

(1) La reluctancia es la resistencia que el circuito magnético ofrece al paso del flujo. Se puede comparar con la resistencia de un circuito eléctrico que se opone al paso de la corriente (ley de Ohm).
Para un circuito magnético homogéneo de hierro dulce, con longitud l, sección constante S y permeabilidad m, la reluctancia sería:

$$\Re = \frac{l}{\mu S}$$

En la mayoría de los casos la única reluctancia es la de los entrehierros, ya que los metales magnéticos son mucho más permeables que el aire (100 a 1.000 según el grado de saturación).

(2) El flujo es proporcional a los amperios-vuelta, pero inversamente proporcional a la reluctancia:

$$\phi = \frac{nI}{\Re}$$

I es la corriente que recorre la bobina.
La fuerza de atracción es proporcional al cuadrado del flujo.

(3) Para una corriente alterna de frecuencia angular ω ($\omega = 2\pi f = 314$ a 50 Hz) y un circuito con una resistencia R, una inductancia L y una capacidad C, el valor de la impedancia sería:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad \text{donde} \quad X = L\omega - \frac{1}{C\omega}$$

(4) En una primera aproximación, la impedancia de la bobina es inversamente proporcional a la reluctancia del circuito magnético:

$$L = \frac{n^2}{\Re}$$

n es el número de espiras de la bobina.

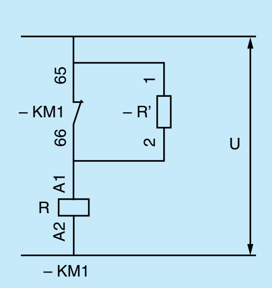
Circuito magnético en corriente alterna

- Alimentación en corriente alterna

En corriente alterna, el valor de la corriente de la bobina se determina por su impedancia (3). La presencia de un entrehierro de grandes dimensiones, determina que a la llamada la reluctancia del circuito magnético y la impedancia de la bobina sean respectivamente muy elevada y poco elevada (4).
La corriente de llamada **Ia** es muy intensa y se limita casi exclusivamente con la resistencia de la bobina.
En posición de trabajo, el circuito magnético cerrado tiene una reluctancia baja que determina un fuerte aumento de la impedancia de la bobina. Esta impedancia elevada limita la corriente a un valor **If** notablemente inferior a **Ia** (6 a 10 veces menor).
En síntesis, la corriente de la bobina disminuye simplemente a causa del aumento de la impedancia resultante de la disminución del entrehierro. Como se explica en el párrafo anterior, esta corriente basta para mantener cerrado el circuito magnético.

- Alimentación en corriente continua

El valor de la corriente sólo depende de la resistencia de la bobina. Las características de la bobina a la llamada permiten que la resistencia determine una corriente **Ia** suficiente para enclavar el contactor.
Cuando el electroimán se encuentra cerrado, el valor de la resistencia sigue siendo el mismo y la corriente sigue siendo igual a la corriente de llamada **Ia,** mientras que, como acabamos de ver, una corriente bastante menor sería suficiente para mantener el circuito magnético en posición de cierre. A menos que el electroimán tenga un diseño especial, la bobina no puede absorber durante mucho tiempo la potencia resultante del paso permanente de la corriente de llamada **Ia** sin un aumento excesivo de la temperatura, por lo que es necesario disminuir el consumo al mantenimiento.
El consumo se reduce intercalando en serie con la bobina una resistencia adicional de valor apropiado.
La resistencia se pone en servicio a través de un contacto auxiliar de apertura que se abre cuando el contactor termina de cerrarse.



A la llamada, la corriente absorbida es igual a: Ia = U/R
Cuando el contactor está cerrado, la corriente pasa a ser: If = U/(R+R')
U: tensión de la red de alimentación
R: resistencia de la bobina
R': resistencia adicional
La bobina es distinta a la que se utiliza normalmente con tensión alterna de igual intensidad.

Disminución de consumo

Circuito magnético en corriente continua

Con los electroimanes diseñados especialmente para corriente continua no es necesario aplicar el sistema de reducción de consumo. En tal caso, el circuito magnético y la bobina están sobredimensionadas (mayor volumen de acero y cobre) para aumentar la superficie de enfriamiento y favorecer la disipación de las calorías.
A igual calibre, un contactor equipado con este tipo de circuito es mayor que un contactor con circuito magnético alterno alimentado en corriente continua con reducción de consumo, y la durabilidad mecánica es muy elevada.
La corriente de llamada Ia es igual a la corriente de mantenimiento If.

Circuito magnético de bajo consumo

Ver la página 32.

Circuito magnético con bobina de dos devanados

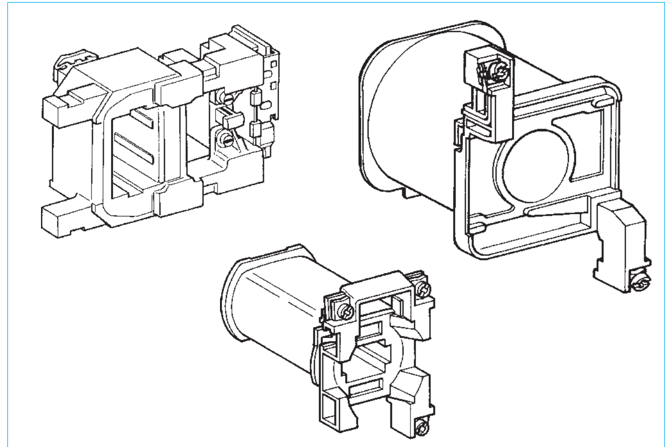
Esta técnica, patentada por Telemecanique, resulta idónea para los contactores de elevado calibre que requieran un electroimán:
– poco voluminoso, para limitar el peso y el tamaño de los equipos,
– que suministre un esfuerzo motor capaz de mantener un elevado rendimiento de los contactos,
– insensible a las posibles caídas de tensión de la línea de alimentación y a las llamadas de corriente derivadas del arranque de los motores,
– con un consumo energético mínimo,
– con una fiabilidad electromecánica muy alta.
Estas exigencias sólo puede cumplirlas un electroimán:
– diseñado especialmente para corriente continua,
– que incluya una bobina con funciones de llamada y mantenimiento separadas,
– que se pueda alimentar tanto en corriente alterna como continua, según el tipo de bobina.

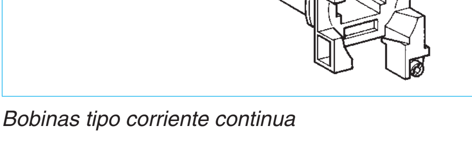
♦ Alimentación en corriente alterna

El principio de funcionamiento es el siguiente:
– cuando el contactor se cierra, el contacto (1) integrado en la bobina interrumpe la corriente del rectificador, y por tanto en el bobinado de llamada (A),
– el bobinado de mantenimiento (M), que ya se alimentaba en corriente alterna (semialternancia), es el único que queda bajo tensión. El contacto (2) se utiliza con el control por impulso, como contacto de automantenimiento,
– cuando el circuito magnético del electroimán (Y) está cerrado, actúa como un transformador cuyos primario y secundario serían respectivamente el bobinado de mantenimiento (M) y el bobinado de llamada (A) conectado a las bornas de los cuatro diodos del puente.
Durante las alternancias positivas, los diodos del puente rectificador cortocircuitan el secundario y hacen que circule corriente en el bobinado de llamada (A) y, por tanto, que se produzca una inducción en un sentido determinado.
Durante las alternancias negativas, los diodos impiden que circule una corriente inversa en el secundario y la energía almacenada en éste se libera en forma de corriente de igual sentido que la anterior.
Por tal motivo, el flujo magnético del electroimán (Y) siempre tiene el mismo sentido y siempre es positivo.
Este sistema eléctrico tiene un efecto análogo al de las juntas de desfase montadas en los contactores de menor calibre.

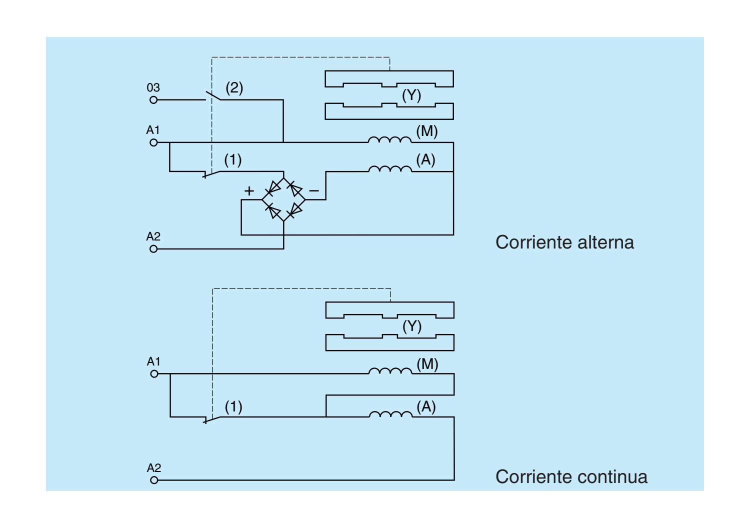
♦ Alimentación en corriente continua

– cuando el contactor se cierra, el contacto (1) integrado en la bobina se abre y el bobinado de mantenimiento (M) se conecta en serie con el bobinado de llamada (A).





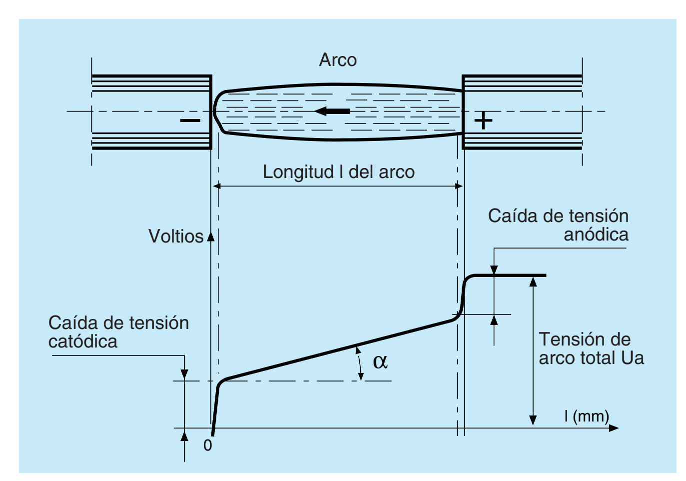
Bobinas tipo corriente continua



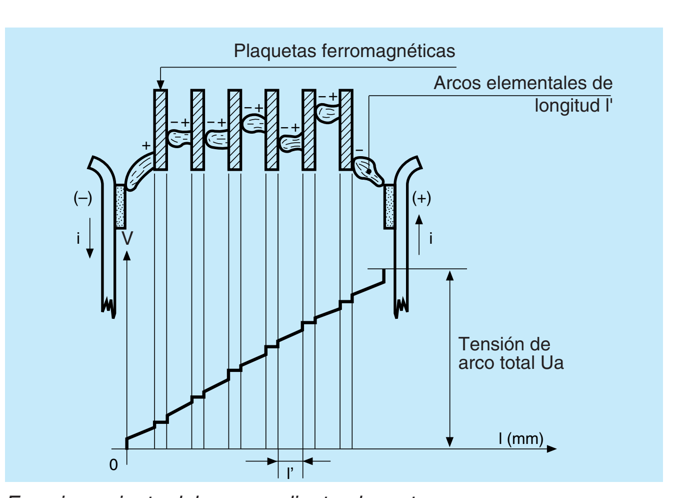
Corte de corrientes: el arco eléctrico

Normalmente, el contactor se abre para interrumpir la corriente eléctrica que previamente atravesaba el receptor (motor, etc.). Este último suele ser inductivo y, salvo excepciones (apertura en el momento preciso del paso por cero de una corriente alterna), la corriente no se interrumpe de forma inmediata.
Cuando la intensidad es superior a un amperio, se establece un arco eléctrico entre los contactos en el momento en que se separan.
El arco es una forma de descarga eléctrica en los gases o en vacío. Se trata de un plasma formado por electrones libres y de iones arrancados de los electrodos por efecto térmico y que circulan en el medio gaseoso impulsados por el campo eléctrico establecido entre los contactos. En este sentido, se puede comparar el arco con un conductor móvil de forma variable que se puede poner en movimiento aplicándole, a lo largo de su recorrido, un campo magnético o situando piezas ferromagnéticas cerca de él.
La parte central alcanza la temperatura máxima que a menudo supera varios miles, incluso varias decenas de miles de grados, valores muy superiores a los que pueden tolerar los metales y, a priori, los aislantes utilizados en la fabricación de contactos y cámaras de corte.
Por lo tanto la duración del arco debe ser breve: ni demasiado larga para que no se deterioren las paredes o los materiales metálicos de la cámara, ni demasiado corta para limitar las sobretensiones derivadas de los cambios de corriente excesivamente rápidos dentro del circuito de carga. La resistencia del arco es inversamente proporcional al número de electrones libres presentes en el plasma: será menor cuanto mayor sea el número de electrones, es decir, cuanto mayor sea la ionización o, en resumen, cuanto mayor sea la temperatura del arco. Para restablecer la rigidez dieléctrica del espacio entre contactos –o desionización– es pues necesario un enfriamiento rápido de los gases recalentados. En un momento determinado, el producto del valor de la resistencia del arco por la corriente que lo atraviesa es lo que llamamos tensión de arco.
Las investigaciones llevadas a cabo por Ayrton demuestran que esta tensión es: $Uarc = A + (B \times l)$ para las corrientes superiores a varias decenas de amperios. A representa la suma prácticamente constante, de aproximadamente unos quince voltios, de las caídas de tensión considerables que se producen cerca de los electrodos: ΔUa en el ánodo y ΔUc en el cátodo.
$B \times l$ es una caída de tensión aproximadamente proporcional a la longitud del arco.
Si se desea disminuir una corriente continua hasta anularla, es necesario introducir en el circuito un arco cuya tensión sea superior a la de la fuente de alimentación. Según la fórmula de Ayrton es preciso aumentar la longitud del arco sometiéndolo a un campo magnético de “soplado”, o aún mejor, fraccionarlo para multiplicar el número de caídas de tensión en los electrodos:
$Uarc = n\,(15\ V + Bl')$, donde l’ es la longitud unitaria de cada arco elemental. De este modo se obtiene una tensión elevada y escalonada con arcos de longitud adecuada a las dimensiones necesariamente reducidas de las cámaras de corte.
En corriente alterna la corriente se anula a sí misma, por lo que la tensión de arco elevada no resulta útil. Por el contrario, es preferible una tensión de arco baja para minimizar la energía de arco Warc durante la duración del arco ta.
$Warc = Uarc \times I \times ta$ disipada en el plasma por efecto Joule. El arco se extingue al anularse la corriente, por lo que en 50 Hz el arco se extingue de forma natural unas milésimas de segundo después de su aparición. La dificultad reside en impedir que reaparezca después de que la corriente pase por cero.
Para ello, la función principal de las piezas metálicas ferromagnéticas situadas en la cámara de corte es atraer el arco en la dirección correcta (soplado magnético) y enfriar rápidamente el medio después del arco. Al absorber las calorías liberadas en el arco por efecto Joule, aceleran los fenómenos de desionización, reduciendo el riesgo de cebado.

El corte en vacío
El corte en vacío, que anteriormente sólo se utilizaba en alta tensión, en la actualidad también se emplea en baja tensión.
La resistencia dieléctrica en vacío, 25 kV/mm en lugar de 3 kV/mm en el aire, permite distancias entre contactos muy reducidas con una excelente resistencia a las sobretensiones. Por tal motivo, los aparatos de corte en vacío no requieren una energía de control muy elevada.
El corte en vacío se caracteriza esencialmente por una rapidísima recuperación de la rigidez dieléctrica del medio entre contactos después del arco. Además, como el arco se produce dentro de un receptáculo estanco, los aparatos de corte en vacío resultan muy seguros.



Forma general de un arco estabilizado



Fraccionamiento del arco mediante plaquetas

Accidentes que pueden dañar los contactores

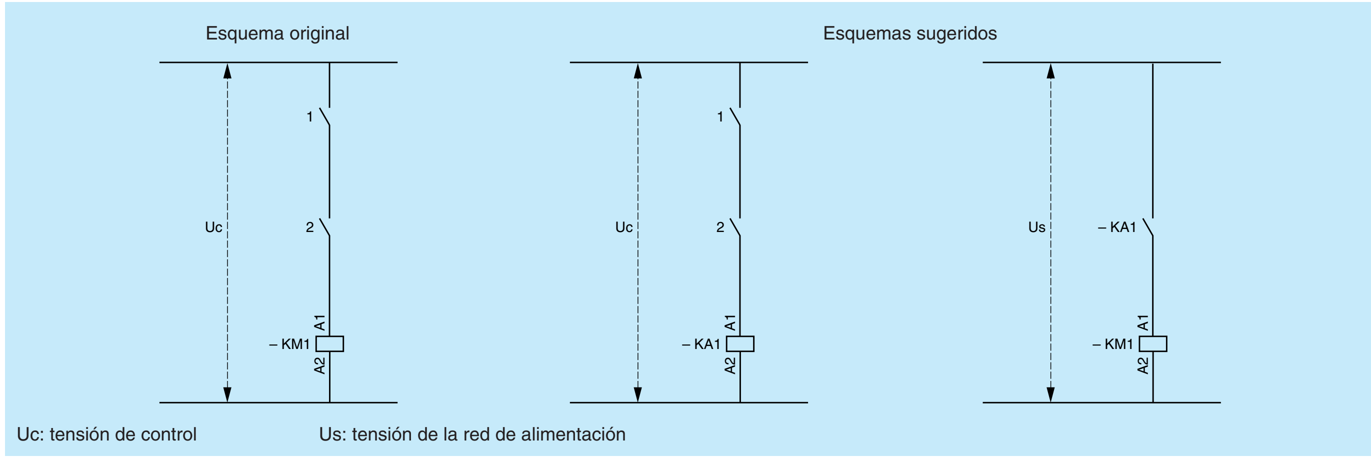
Cuando un contactor sufre algún deterioro, conviene comprobar en primer lugar que el calibre de éste corresponde a la potencia del motor. En caso de que así sea, y muy especialmente si el valor de la corriente de calado del motor es inferior al poder de cierre del contactor, la causa del deterioro será con toda probabilidad el funcionamiento incorrecto del electroimán, debido a la presencia de perturbaciones en el circuito de control. A continuación se indican las perturbaciones más frecuentes y la solución que conviene a cada caso.

Caída de tensión de la red

Esta caída puede ser consecuencia del pico de corriente que produce el motor al arrancar cuando se juntan los contactos móviles del contactor y los contactos fijos.
Provoca una pérdida de energía del circuito magnético que ya no tiene fuerza suficiente para continuar el recorrido hasta completar el cierre.
Como la presión sobre los polos es nula, éstos se sueldan.
Cuando el motor alcanza su velocidad nominal, la tensión aumenta, y cuando llega aproximadamente al 85% de Un, el circuito magnético se cierra del todo.
Esta es una situación crítica para la instalación. Es necesario comprobar la longitud y la sección de todos los cables, y, en su caso, la potencia del transformador de alimentación.
Cuando varios motores arrancan simultáneamente (por ejemplo en un mando por conmutadores de posición mantenida) después de un corte de red, el pico de corriente acumulado también puede provocar una caída de tensión.
En este caso se recomienda instalar un dispositivo para decalar en el tiempo los arranques, siguiendo un orden de prioridad.

Caída de tensión en el circuito de control

Cuando el contactor se alimenta en baja tensión (24 a 110 V) y hay varios contactos en serie, puede producirse una caída de tensión del circuito de control a la llamada del contactor.
Esta caída de tensión se suma a la que provoca el pico de arranque del motor, lo que origina una situación análoga a la descrita anteriormente.
En tal caso, es necesario sustituir el aparato y cambiar el contactor afectado por un contactor auxiliar con una corriente de llamada mínima para controlar la bobina del contactor principal, alimentada a su vez con la tensión de la red.



Caída de tensión en el circuito de control

Vibración de los contactos control

Algunos contactos de la cadena control a veces producen vibraciones (termostato, manostato, etc.), que repercuten en el electroimán del contactor de potencia y provocan cierres incompletos, haciendo que se suelden los polos.
Esta situación se soluciona cambiando la temporización del aparato a dos o tres segundos. Utilizar un contacto temporizado al cierre.

Microcortes de la red o interrupción accidental o voluntaria de corta duración

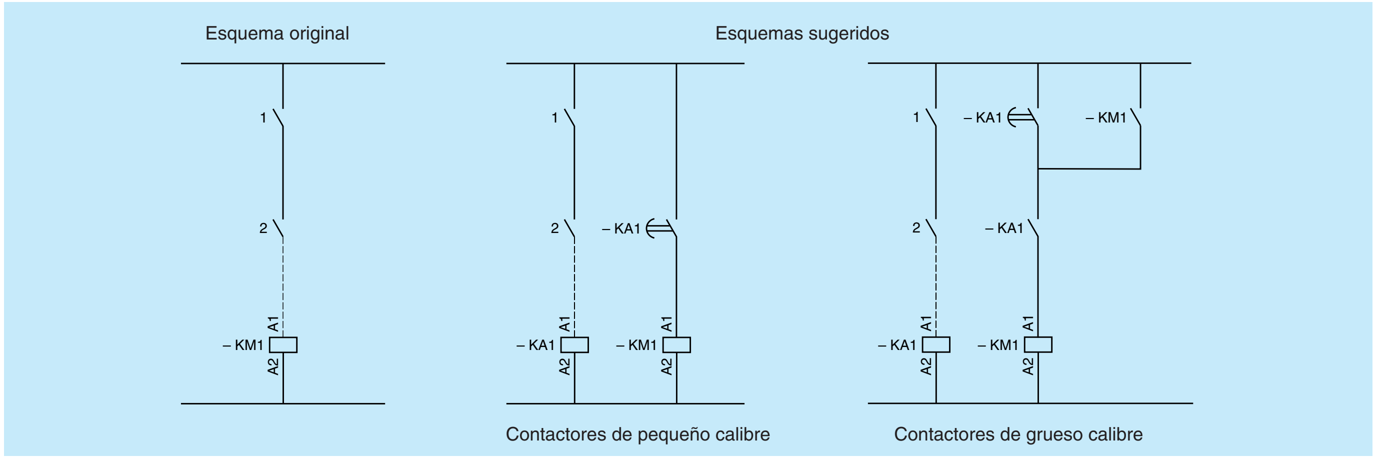
Cuando después de una breve interrupción de la tensión de red (unas decenas de microsegundos) el contactor vuelve a cerrarse, la fuerza contraelectromotriz del motor y la de la red se desfasan. En tales circunstancias, el pico de corriente puede llegar a duplicar su valor normal y existe el riesgo de que los polos se suelden por exceder el poder de cierre del contactor. Este accidente se puede evitar retrasando en dos o tres segundos el cierre del aparato con un contacto temporizado al cierre para que la fuerza contraelectromotriz sea casi nula.
Para proteger los contactores contra los microcortes, también se puede temporizar la apertura del contactor principal utilizando un dispositivo retardador (rectificador condensador).

Consecuencias de los accidentes

Si como consecuencia de las circunstancias anteriormente descritas los polos del contactor se sueldan, no sucederá nada anormal antes de la orden de parada del motor ya que la soldadura de uno o varios polos no impide que el contactor se cierre por completo.
En cambio, al abrirse, el contactor se queda “bloqueado” por el polo o polos soldados. Los polos que no se han soldado se abren unas décimas de milímetro.
Se inicia un arco muy corto que, como la llama de un soplete, quema de forma lenta y constante los polos no soldados y acaba incendiando el aparato.
Cuando a continuación se examina el contactor, se observa que a menudo uno o dos polos permanecen intactos: son los que estaban soldados.
Conviene señalar que la corriente no es mayor que la corriente nominal del motor y que las protecciones no funcionarán hasta que el aparato esté dañado y se inicie un cortocircuito.

Conclusiones

Las perturbaciones que pueden provocar la soldadura de los polos del contactor tienen una duración tan corta y una aparición tan fugaz que resulta muy difícil detectarlas. Además, estos accidentes no suceden sistemáticamente cada vez que se cierra el contactor, pero sí suelen producirse cuando coinciden varias perturbaciones o cuando surge una perturbación en una red cuya tensión ya esté muy próxima al valor mínimo admisible. Aunque el contactor no es el origen del fallo, resulta imprescindible revisar todo el circuito de control para eliminar la causa.

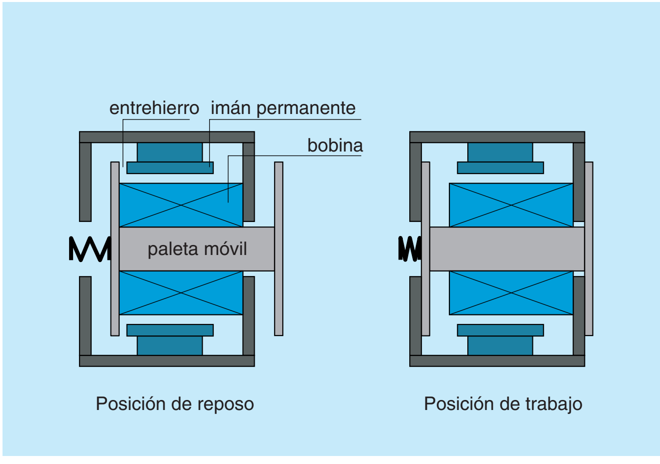


Vibraciones de los contactos de esclavización

El contactor de bajo consumo

Los contactores de bajo consumo se pueden controlar sin interfaces a través de las salidas estáticas de los autómatas programables. A tal efecto, incluyen un electroimán en corriente continua adaptado a los niveles de tensión y de corriente de este tipo de salidas (normalmente DC 24 V/ 100 mA).
Este tipo de contactores también se utilizan cuando es necesario limitar la disipación térmica, por ejemplo en los equipos con mucho aparellaje o que incluyan aparatos electrónicos, o en los equipos alimentados por batería.
Las diferencias entre el circuito magnético de los contactores o de los contactores auxiliares de bajo consumo y un circuito magnético clásico son:
– geometría particular que minimiza las fugas magnéticas y guía las partes móviles de forma precisa y con poco rozamiento,
– utilización de hierro puro de alta permeabilidad e imanes permanentes con elevado campo coercitivo.
Los imanes están dispuestos de tal manera que la fuerza de recuperación que ejercen sobre las partes móviles alcanza su máxima intensidad cuando el contactor está abierto, lo que garantiza una excelente resistencia a los choques en posición de reposo, de magnitud similar a la que se obtiene en posición de trabajo.

Cuando la bobina se pone bajo tensión, la fuerza de atracción que ejercen los imanes sobre la paleta móvil disminuye en función del cuadrado del entrehierro (retorno de pendiente negativa), mientras que en un electroimán clásico la fuerza de retorno que ejerce el resorte aumenta a medida que se desplazan las partes móviles. Con el mismo calibre, la fuerza motriz que suministra el electroimán de un contactor de bajo consumo es inferior a la de un contactor estándar, por lo que la bobina consume una potencia menor.




Electroimán de un contactor de serie d de bajo consumo



Contactor de serie d de bajo consumo de Telemecanique

Los relés y los contactores estáticos

Los relés y contactores estáticos son aparatos de conmutación de potencia con semiconductores. Se utilizan para controlar receptores resistivos o inductivos alimentados en corriente alterna.
Al igual que los contactores electromagnéticos, los relés y los contactores estáticos pueden establecer o interrumpir corrientes importantes con una corriente de control de baja intensidad, funcionar en servicio intermitente o continuo, recibir órdenes a distancia desde cualquier aparato que emita señales de tensión todo o nada (interfaces de diálogo hombre/máquina, salidas de autómatas programables, etc.).
Los circuitos de control y de potencia están aislados galvánicamente a través de un optoacoplador o un relé herméticamente sellado.
Presentan numerosas ventajas con respecto a los contactores electromagnéticos:
– frecuencia de conmutación elevada,
– ausencia de piezas mecánicas móviles,
– funcionamiento totalmente silencioso,
– limitación máxima de parásitos radioeléctricos que podrían perturbar los componentes de automatismos electrónicos cercanos (bloqueo de los semiconductores de potencia al pasar por el cero de corriente),
– tecnología monobloc, que insensibiliza los aparatos a los choques indirectos, las vibraciones y los ambientes polvorientos,
– circuito de control con amplio rango de tensiones,
– consumo muy bajo que permite transmitir órdenes a través de las salidas estáticas de los autómatas programables.
Los circuitos RC y los limitadores de cresta integrados protegen los relés y los contactores estáticos contra los cambios de tensión bruscos (dV/dt importante) y contra las sobretensiones.
Se pueden controlar en corriente continua o alterna. En corriente continua, la entrada está protegida contra la inversión de polaridades. En corriente alterna, un circuito rectificador con filtro restablece la tensión continua en el optoacoplador.

Los relés y los contactores estáticos no constituyen un aislamiento galvánico entre la red de alimentación y el receptor. Si fuera necesario, es posible realizar está función conectando aguas arriba un contactor electromagnético que sirve para varias salidas.

Los relés estáticos

Son aparatos unipolares perfectamente adaptados para controlar cargas resistivas para regulación de hornos, aplicación que normalmente requiere una cadencia de conmutación elevada. Existen dos versiones:
– relés síncronos: la conmutación en estado pasante y el bloqueo se realizan respectivamente cuando la alternancia posterior a la aplicación de la señal de mando llega a cero y en el cero de corriente,
– relés asíncronos: la conmutación en estado pasante y el bloqueo se realizan respectivamente después de la aplicación de la señal de mando y en el cero de corriente.
Si se utilizan relés estáticos para alimentar los receptores polifásicos, se recomienda conectar en serie los circuitos de control para que la conmutación de todos los relés sea simultánea.

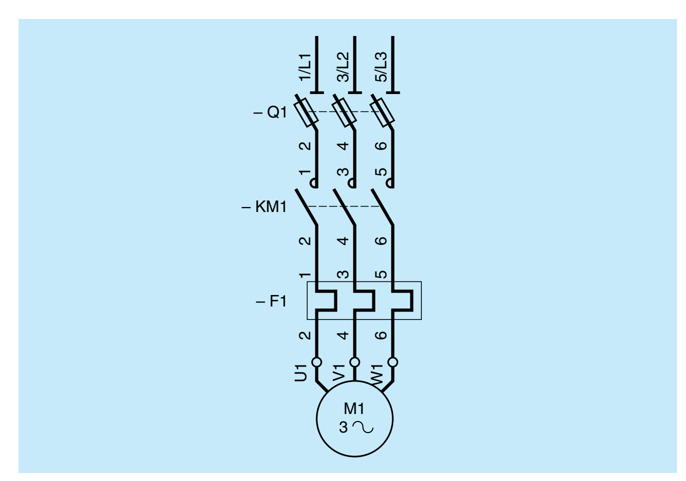
Los contactores estáticos

Estos aparatos tripolares están especialmente adaptados para el control de motores trifásicos que funcionen con cadencias elevadas.
Incluyen dos contactos auxiliares estáticos: un contacto de realimentación y un contacto compatible con las entradas de autómatas programables. Los componentes de potencia y los contactos auxiliares pasan al estado pasante con la misma señal de mando.
Existe una versión con dos sentidos de marcha que permite invertir el sentido de giro del motor permutando las fases 1 y 2 (la fase 3 no se puede conmutar). El inversor incluye un enclavamiento interno que impide controlar simultáneamente los dos sentidos de marcha.

Asociación de aparatos: la coordinación

Las cuatro funciones básicas del arrancador (seccionamiento, protección contra los cortocircuitos, protección contra las sobrecargas y conmutación) también pueden realizarlas los aparatos monofunción descritos en las páginas anteriores. El calibre de los aparatos que se asocian para formar un arrancador debe elegirse teniendo en cuenta la potencia del receptor controlado y la coordinación de las protecciones cuando se produzca un cortocircuito.

(1) Riesgo de soldadura de los contactos.
Cuando se produce un cortocircuito, los esfuerzos electrodinámicos son tales que repelen los contactos del contactor originando un arco eléctrico. La energía disipada produce una fusión local del metal de los contactos.
Si los contactos se cierran cuando el metal aún está en fusión, existe riesgo de soldadura.



Asociación de seccionador-portafusibles, contactor y relé térmico

Definición de la coordinación

La coordinación de las protecciones consiste en asociar un dispositivo de protección contra los cortocircuitos (fusibles o disyuntor magnético) con un contactor y un dispositivo de protección contra las sobrecargas, con el fin de interrumpir las corrientes de sobrecarga (1 a 10 veces la corriente nominal del motor) o de cortocircuito (> 10 veces la corriente nominal) lo más rápidamente posible y sin riesgo para las personas y las instalaciones.
La norma IEC 947 exige que la coordinación sea ambivalente para:
– una corriente de cortocircuito asignada convencional "Iq", que define el fabricante del material (por ejemplo 50 kA en 400 V para un arrancador con fusibles + contactor + relé térmico),
– una corriente de cortocircuito presumible "r", que depende del calibre de empleo AC-3 del aparato, donde r < Iq (por ejemplo para 63 A, r = 3 kA).

Coordinación de tipo 1 y de tipo 2

Estos dos tipos de coordinación se definen en la norma IEC 947-4. Indican el grado de deterioro tolerable para el aparellaje después de un cortocircuito.

Coordinación de tipo 1 (antiguamente "a" según IEC 292-1)

Cuando se produce un cortocircuito, es necesario evitar que el material ocasione daños a las personas e instalaciones. Después del cortocircuito, es posible que dicho material no pueda seguir funcionando a menos que se repare o se reemplacen ciertas piezas.

Coordinación de tipo 2 (antiguamente "c" según IEC 292-1)

Cuando se produce un cortocircuito, es necesario evitar que el material ocasione daños a las personas e instalaciones. Después del cortocircuito, dicho material no debe presentar desperfectos o desajustes de ningún tipo. Sólo se admite el riesgo de soldadura (1) de los contactos del contactor, a condición de que puedan separarse fácilmente. Durante la prueba no se podrá sustituir ninguna pieza, con excepción de los fusibles, que deben ser sustituidos en su totalidad.

Coordinación total

Según la norma IEC 947-6-2, cuando se produce un cortocircuito debe evitarse que los aparatos que conforman el arrancador presenten daños o riesgo de soldadura. Esta nueva norma formaliza el concepto de "continuidad de servicio", que lanzó Telemecanique con el contactor disyuntor integral (ver la página 37).

Ejemplo de asociación

Seccionador - Fusibles - Contactor - Relé térmico

Los circuitos con fusibles incorporados consiguen un poder de corte muy elevado; el seccionador realiza la función de seccionamiento y el relé térmico la protección del motor contra las sobrecargas. En cambio, la necesidad de cortar simultáneamente todas las fases cuando se produce un cortocircuito, obliga a instalar un dispositivo de protección contra

el funcionamiento monofásico (dpfm), que a través de un contacto auxiliar, hace que el contactor se abra inmediatamente, provocando el corte omnipolar.
La siguiente tabla, extraída de un catálogo de Telemecanique, ejemplifica la elección del calibre de los fusibles, contactores y relés térmicos que se asocian en función de la potencia normalizada de los motores para formar una coordinación de tipo 2, tal y como la define la norma IEC 947-4-1.

Coordinación de tipo 2

Tensión de empleo: 380/400 V – Corriente de cortocircuito: Iq = 50 kA

Motor		Corriente máx.	**Fusible**		**Contactor**		**Relé térmico**	
P	In (380 V)	de empleo del arrancador	Tipo	Calibre	Referencia a completar	Ie (AC3)	Referencia (1)	Calibre
kW	**A**	**A**		**A**		**A**		**A**
0,37	1,03	1,6	**aM**	2	**LC1-D09**	9	**LR2-D1306**	1-1,6
0,55	1,6	1,6	**aM**	4	**LC1-D09**	9	**LR2-D13X6**	1,25-1,6
0,75	2	2,5	**aM**	4	**LC1-D09**	9	**LR2-D1307**	1,6-2,5
1,1	2,6	4	**aM**	6	**LC1-D09**	9	**LR2-D1308**	2,5-4
1,5	3,5	4	**aM**	6	**LC1-D09**	9	**LR2-D1308**	2,5-4
2,2	5	6	**aM**	8	**LC1-D09**	9	**LR2-D1310**	4-6
3	6,6	8	**aM**	12	**LC1-D09**	9	**LR2-D1312**	5,5-8
4	8,5	9	**aM**	12	**LC1-D09**	9	**LR2-D1314**	7-10
5,5	11,5	12	**aM**	16	**LC1-D12**	12	**LR2-D1316**	9-13
7,5	15,5	18	**aM**	20	**LC1-D18**	18	**LR2-D1321**	12-18
9	18,5	25	**aM**	25	**LC1-D25**	25	**LR2-D1322**	17-25
11	22	25	**aM**	25	**LC1-D25**	25	**LR2-D1322**	17-25
15	30	32	**aM**	40	**LC1-D32**	32	**LR2-D2353**	23-32
15	30	32	**aM**	40	**LC1-D32**	32	**LR2-D2355**	28-36
18,5	37	40	**aM**	40	**LC1-D40**	40	**LR2-D3355**	30-40
22	44	50	**aM**	63	**LC1-D50**	50	**LR2-D3357**	37-50
30	60	65	**aM**	80	**LC1-D65**	65	**LR2-D3361**	55-70
37	72	80	**aM**	80	**LC1-D80**	80	**LR2-D3363**	63-80
45	85	93	**aM**	100	**LC1-D95**	95	**LR2-D3365**	80-93

(1) Clase de disparo de los relés de protección térmica:
– relés electromecánicos LR2-D: clase 10: referencias: LR2-D●3●●
clase 20: referencias para modificar: LR2-D●5●●

1

Aparatos de funciones múltiples

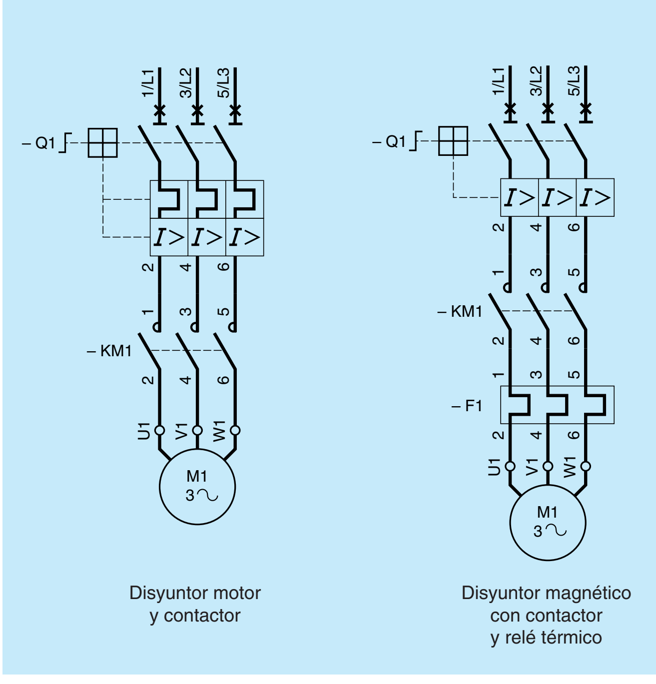
Los aparatos de funciones múltiples reúnen en un único producto todas o parte de las cuatro funciones básicas del arrancador. Esta disposición ofrece numerosas ventajas:
– simplifica e incluso elimina los problemas de coordinación,
– reduce las dimensiones de los equipos,
– simplifica el cableado,
– facilita las reparaciones y el mantenimiento,
– requiere menos piezas de repuesto.
Los aparatos de funciones múltiples que realizan al menos dos funciones son:
– el contactor disyuntor integral,
– el disyuntor magnético,
– el disyuntor motor.

Arrancadores con aparatos de funciones múltiples

El contactor disyuntor integral constituye por sí solo un arrancador completo controlado a distancia.
El disyuntor motor se puede utilizar solo para control local, o asociado a un contactor para controlar a distancia.
El disyuntor magnético se debe utilizar siempre con un contactor y un relé térmico.
La siguiente tabla resume las diferentes configuraciones de arrancadores realizados con aparatos de funciones múltiples.

	Disyuntor magnético	**Disyuntor motor**	**Contactor disyuntor**
Seccionamiento	sí (1)	sí (1)	sí
Protección contra cortocircuitos	sí	sí	sí
Protección contra sobrecargas	relé térmico asociado	sí	sí
Conmutación			
local manual	sí	sí	
automática	contactor asociado	contactor asociado	sí

(1) Con aparatos aptos para el seccionamiento certificados por el fabricante o con un aditivo de seccionamiento enclavable añadido.



Asociación de aparatos de funciones múltiples

El contactor disyuntor

Los contactores pueden realizar un gran número de ciclos de maniobras a cadencias elevadas, pero su limitado poder de corte no les permite interrumpir una corriente de cortocircuito.
Los disyuntores pueden cortar las corrientes de cortocircuito elevadas, pero tienen un número y una frecuencia de ciclos de maniobras limitados.
El contactor disyuntor nació de la idea de reunir en un solo aparato estas dos características, es decir, la elevada frecuencia de ciclos de maniobras del contactor y el poder de corte del disyuntor.
En 1983, Telemecanique presentó el primer aparato que integraba las funciones de seccionamiento, conmutación, protección contra los cortocircuitos y protección contra las sobrecargas: el contactor disyuntor integral, cuyas prestaciones para cualquiera de estas funciones eran, además, mejores que las de cualquier aparato especializado: plena apariencia del seccionamiento, alto poder de corte de los disyuntores limitadores, durabilidad de los contactores y relés térmicos de gran calidad y precisión.
El integral se presenta como un bloque compuesto por:
– 3 o 4 polos, cada uno con un contacto de doble corte montado en una cámara de corte equipada con aletas para fraccionar y enfriar el arco,
– un electroimán clásico con un circuito fijo montado sobre amortiguadores, una armadura móvil y una bobina,
– un módulo desenchufable tri o tetrapolar magnetotérmico o sólo magnético, con varios calibres intercambiables en función de la corriente de empleo,
– eventualmente, polos de seccionamiento específicos (enclavamiento por candado).

Principio de funcionamiento

La principal característica del integral es la técnica de corte con polo único. En efecto, el corte lo realiza un único juego de contactos, tanto en funcionamiento “contactor” como en funcionamiento “disyuntor”, que impide la soldadura en cortocircuito. Esta característica hace del integral un aparato de coordinación total.

Posición de reposo

Cuando la bobina no está alimentada, el circuito móvil se mantiene en posición abierta gracias a los resortes de retorno y provoca la apertura de los contactos a través de una palanca de apertura.

Cierre

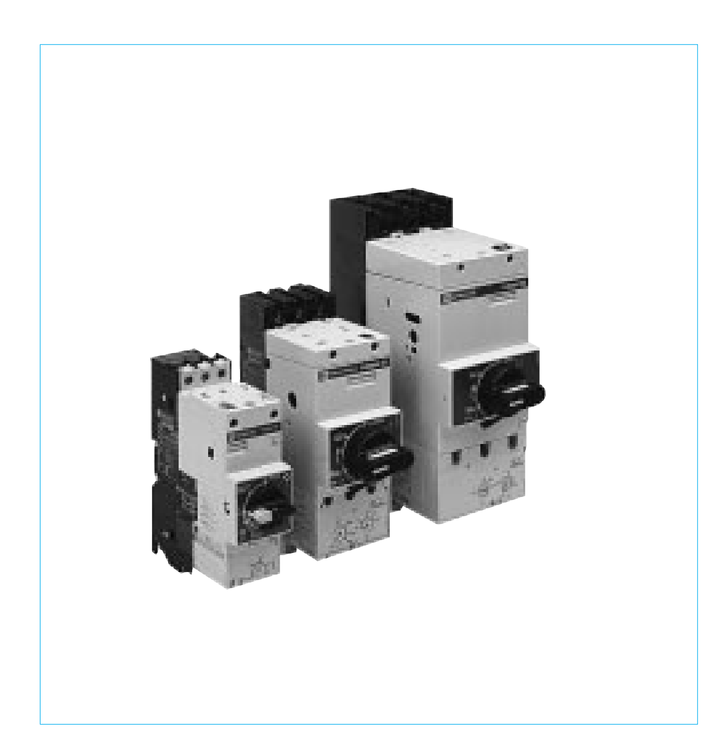
Cuando se cierra el electroimán, la palanca libera los contactos móviles que se cierran bajo la acción de los resortes, lo que proporciona también la presión necesaria de los contactos. En estado cerrado, los contactos son totalmente independientes del electroimán.

Apertura en funcionamiento contactor

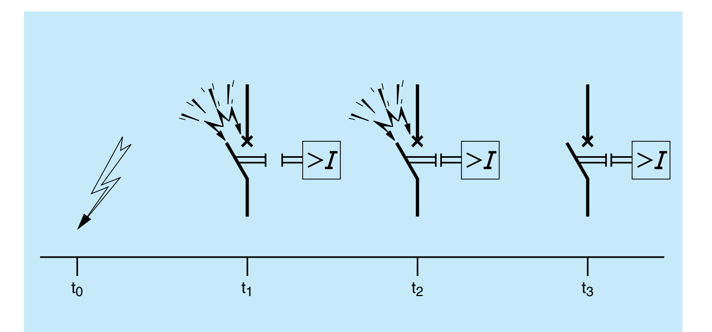
Cuando la bobina deja de recibir alimentación, la palanca unida a la armadura móvil hace que se abran los contactos en un tiempo de aproximadamente 15 ms.

Apertura en funcionamiento disyuntor

La figura inferior indica la secuencia de sucesos cuando se produce un cortocircuito.
Gracias a su alta velocidad de corte (2,5 ms) y a la rápida aparición de una tensión de arco elevada, el integral puede considerarse como un excelente limitador de corriente de cortocircuito.



Contactores disyuntores integral Telemecanique

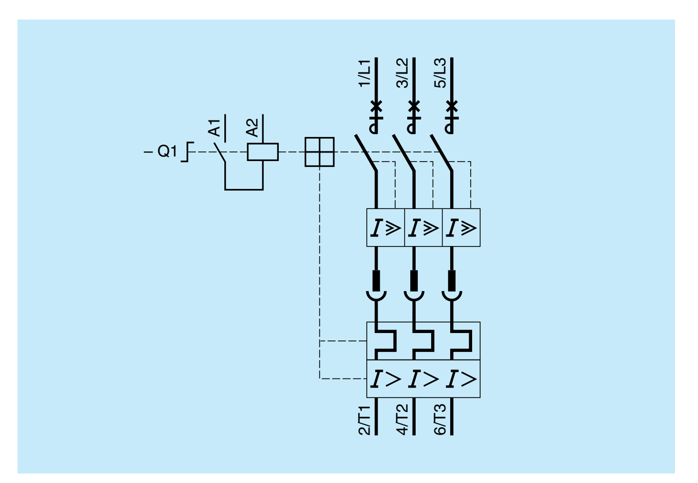


t_0 - Aparición del cortocircuito.
t_1 - La corriente de cortocircuito genera la repulsión de contacto generando un arco, lo que inicia la limitación de la corriente de cortocircuito. Cada contacto móvil es independiente y tiene un recorrido libre mayor que un contactor tradicional y una baja inercia que favorecen la repulsión.
t_2 - La corriente acciona el dispositivo de disparo magnético que confirma la apertura del contacto, impidiendo así que vuelva a cerrarse y que haya riesgo de soldadura.
t_3 - La corriente se anula, poniendo fin al cortocircuito.

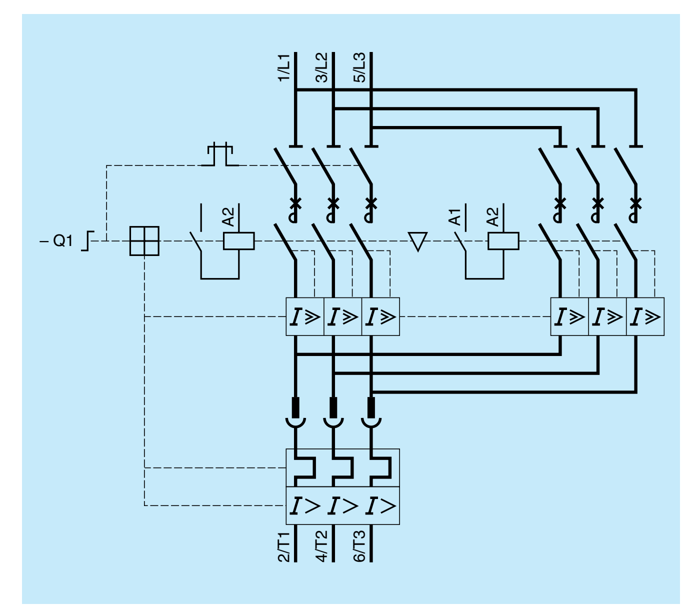
Corte en cortocircuito con un contactor disyuntor integral

Gama integral

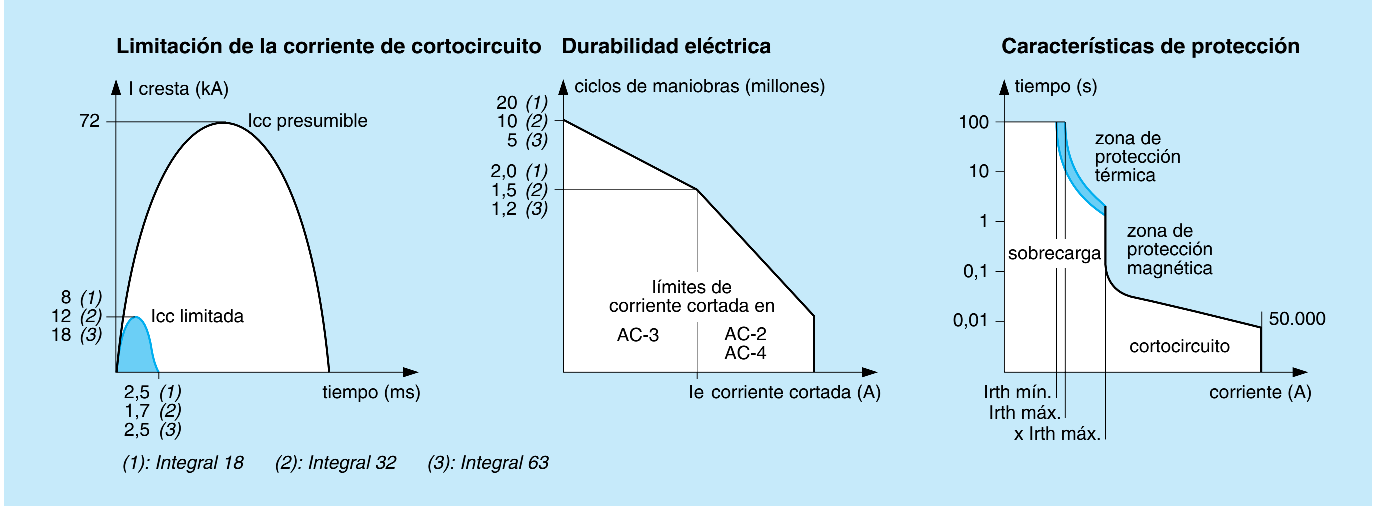
La gama de contactores disyuntores integral ofrece tres calibres:
– integral 18, potencia de empleo en AC-3 de 0,37 a 7,5 kW en 400 V/50 Hz,
– integral 32, potencia de empleo en AC-3 de 0,37 a 15 kW en 400 V/50 Hz,
– integral 63, potencia de empleo en AC-3 de 5,5 a 30 kW en 400 V/50 Hz.
Los contactores disyuntores pueden integrarse fácilmente en los equipos de automatismo y controlarse desde autómatas programables gracias a una amplia oferta de accesorios.
Según su calibre, los aparatos de la gama integral se pueden equipar con:
– contactos auxiliares de señalización,
– módulos de interface de relé, de relé y funcionamiento forzado o estáticos, para el control directo desde un autómata programable,
– temporizadores electrónicos “Trabajo” o “Reposo”, para retrasar la orden de conexión o de desactivación,
– módulo de control “Auto-Manual-Parada”,
– módulos antiparasitarios RC y varistancia,
– rearme eléctrico a distancia.



Esquema de un contactor disyuntor integral



Esquema de un contactor disyuntor inversor integral



Características de los contactores disyuntores integral

El disyuntor motor magnético

Este aparato, también llamado disyuntor, es un dispositivo de protección contra los cortocircuitos con corte omnipolar. Puede considerarse apto para el seccionamiento de acuerdo con la norma IEC 947.
En algunos modelos, el usuario puede regular el umbral de desactivación magnética.
Los aditivos seccionadores de corte visible enclavables permiten responder a determinados pliegos de condiciones.
Normalmente, estos aparatos se asocian con un contactor y un relé de protección térmica para formar un arrancador.

Disyuntor motor magnético con contactor y relé térmico

Esta asociación posee un poder de corte igual al del disyuntor. Este último ofrece protección contra los cortocircuitos con corte omnipolar. El relé térmico, dotado de compensación de temperatura y sensibilidad a una ausencia de fase, protege contra las sobrecargas y contra el funcionamiento monofásico.
La frecuencia de maniobras es la misma que la del contactor.
Los enlaces mecánicos y eléctricos entre el contactor y el disyuntor facilitan la conexión y permiten obtener un equipo más compacto, que se puede montar en un fondo de armario con mando sobre puerta.
Otras características:
– rearme local del disyuntor,
– rearme manual o auto del relé térmico,
– visualización local del estado de funcionamiento de los aparatos y desde el centro de control,
– clase de desactivación térmica 10 o 20,
– coordinación de tipo 1 o 2 según IEC 947-4-1,
– adaptabilidad a esquemas particulares: acoplamiento estrella-triángulo, motores con dos devanados o asociación con sondas térmicas,
– facilidad de mantenimiento gracias a la posibilidad de cambiar sólo uno de los tres componentes.

El disyuntor motor magnetotérmico

Este es un aparato de control y de protección magnetotérmica tripolar. El corte es omnipolar. La protección térmica tiene compensación de temperatura y sensibilidad a una ausencia de fase. Garantiza el control de los motores con una frecuencia máxima de 25 ciclos de maniobras por hora en AC-3 y es apto para el seccionamiento.
Existen dos versiones: con pulsadores de control Marcha-Paro y con mando de control giratorio. El dispositivo de mando de ambos modelos se puede enclavar en posición “OFF”.

♦ Versión con pulsadores de control Marcha-Paro

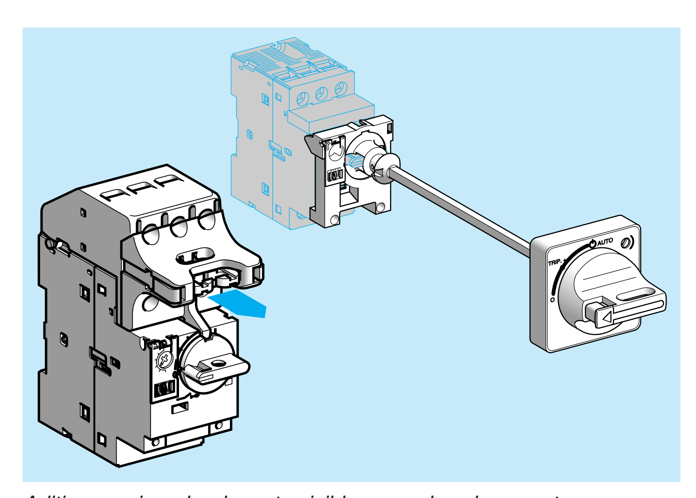
Normalmente se utiliza para el control local de motores, pero también se puede asociar con un contactor para el control a distancia. Este aparato resulta idóneo para máquinas pequeñas independientes, como las máquinas para madera.
Suele montarse en cofre unitario con un pulsador “de seta” de Paro de emergencia.
Admite los siguientes aditivos:
– contactos auxiliares instantáneos, que pueden ser reversibles NC o NA, para los circuitos de señalización del estado “Marcha” o “Paro” o la señalización de disparo magnético o térmico,
– dispositivo de disparo por mínima tensión, que impide que el receptor vuelva a ponerse en marcha inesperadamente después de un corte de alimentación de la red. Se puede utilizar para disparar a distancia el disyuntor motor. También existe un modelo específico para máquinas peligrosas que requieran una mayor seguridad (VDE 0113, recomendado por el INRS),
– disparador con emisión de tensión para disparar el disyuntor motor a distancia desde una caja de pulsadores o desde el contacto de otro aparato.

♦ Versión con mando de control giratorio

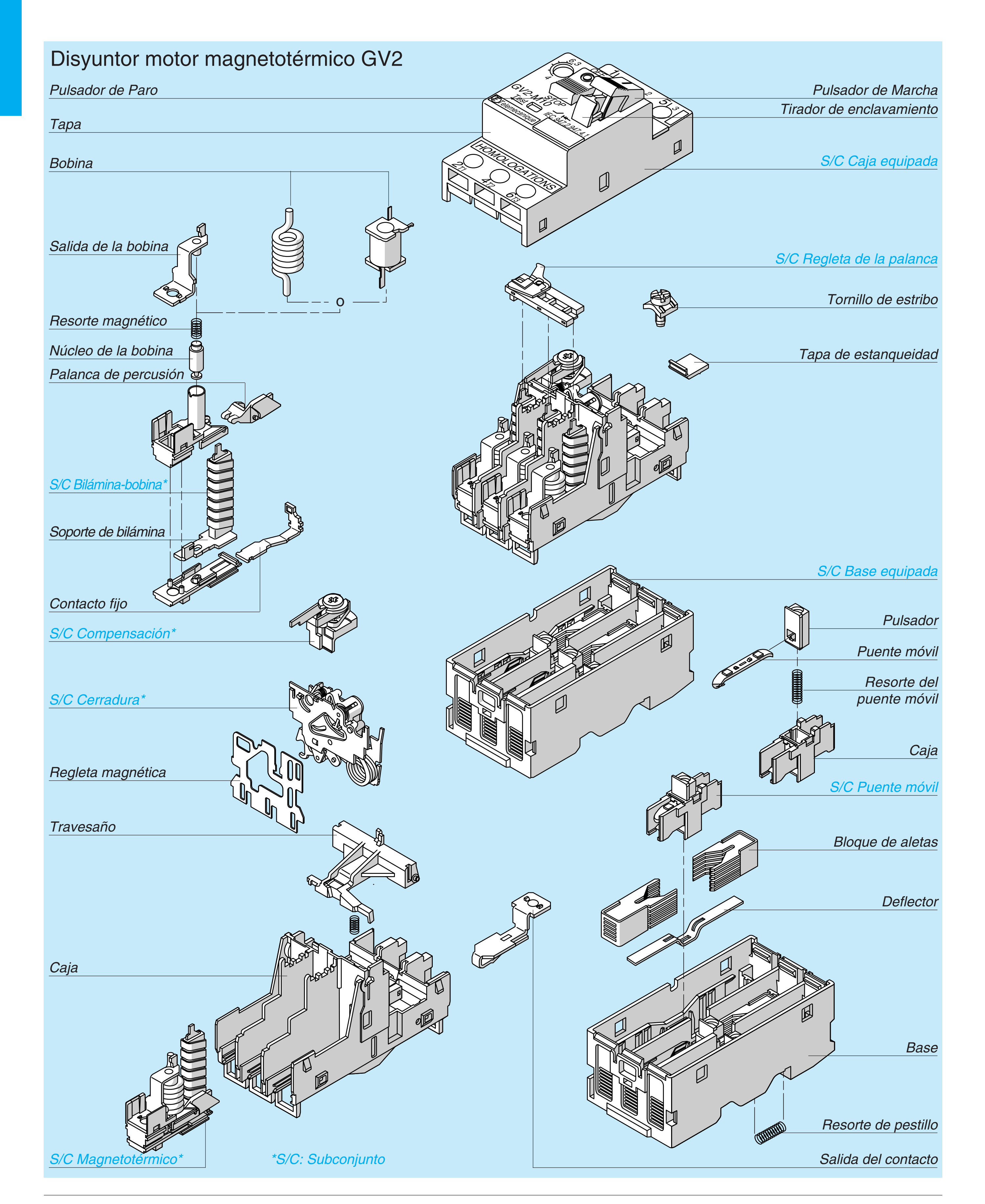
Este es un producto diseñado especialmente para el control automático a distancia en asociación con un contactor.
Además de los aditivos ya mencionados, admite accesorios seccionadores de corte visible enclavables y accesorios de señalización a distancia del disparo magnético.



Disyuntores motores GV2-P y GV2-M de Telemecanique



Aditivo seccionador de corte visible y mando sobre puerta


Disyuntor motor magnetotérmico GV2
Pulsador de Paro
Tapa
Bobina
Salida de la bobina
Resorte magnético
Núcleo de la bobina
Palanca de percusión
S/C Bilámina-bobina*
Soporte de bilámina
Contacto fijo
S/C Compensación*
S/C Cerradura*
Regleta magnética
Travesaño
Caja
S/C Magnetotérmico*
*S/C: Subconjunto
Pulsador de Marcha
Tirador de enclavamiento
S/C Caja equipada
S/C Regleta de la palanca
Tornillo de estribo
Tapa de estanqueidad
S/C Base equipada
Pulsador
Puente móvil
Resorte del puente móvil
Caja
S/C Puente móvil
Bloque de aletas
Deflector
Base
Resorte de pestillo
Salida del contacto
HOMOLOGATIONS
GV2-M10
STOP
Telemecanique

Arrancador con disyuntor motor aislado

Resulta especialmente recomendable cuando:
– es necesario realizar el control en modo local,
– los ciclos de maniobras son de baja frecuencia,
– es necesario utilizar un dispositivo de rearme para la protección contra los cortocircuitos,
– la falta de espacio determina la utilización de un aparato compacto que reúna las funciones de conmutación y protección contra sobrecargas y cortocircuitos, además de los pulsadores de mando.

Normalmente este aparato se monta en un cofre unitario en el que se pueden instalar un pulsador "de seta" de Paro de emergencia y un dispositivo de enclavamiento por candados.

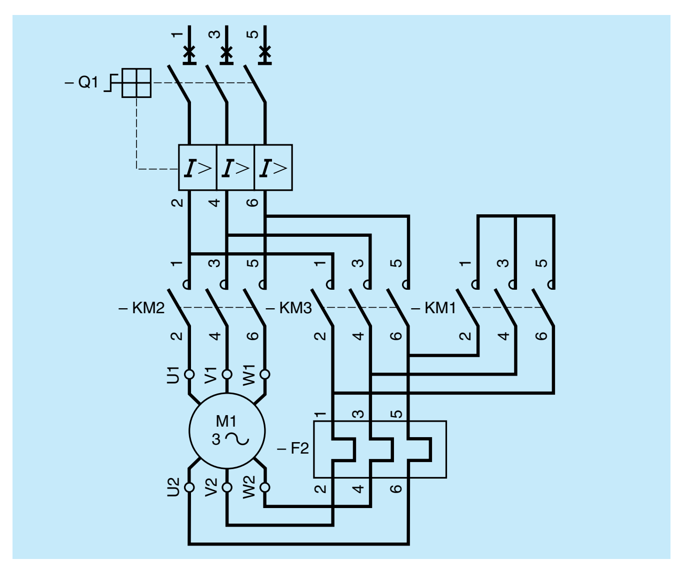
Disyuntor motor y contactor

Un arrancador de control a distancia está formado por un contactor y un disyuntor motor. La frecuencia de los ciclos de maniobras es la misma que la del contactor.
Según el calibre de los aparatos asociados, se obtendrá una coordinación de tipo 1 o de tipo 2 (ver la siguiente tabla extraída de un catálogo Telemecanique).

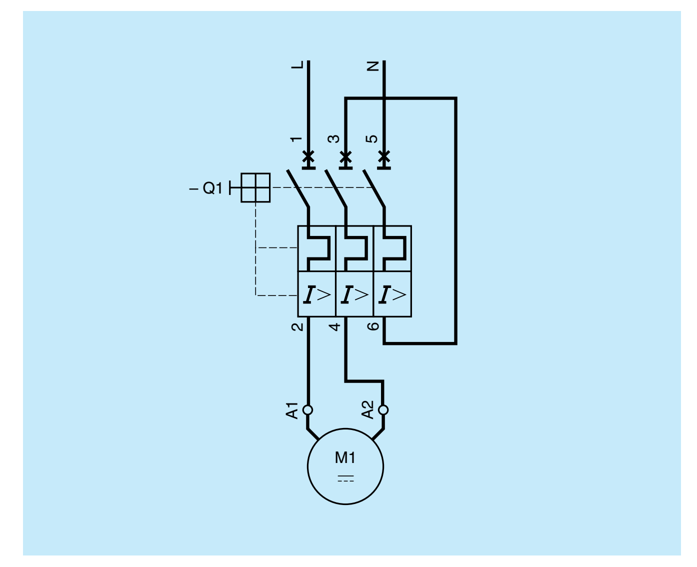
Asociación con un contactor

Coordinación (tensión de empleo 400/415 V)	Motor P (2)	In	I máx. de empleo del arrancador	Disyuntor motor Referencia	Calibre	Contactor Referencia a completar	Ie (AC-3)
	kW	A	A		A		A
Tipo 2 con corriente asignada de cortocircuito condicional Iq: 50 kA	0,37	1	1,6	**GV2-M06**	1…1,6	**LC1-D09●●●●**	9
	0,55	1,6	2,5	**GV2-M07**	1,6…2,5	**LC1-D09●●●●**	9
	0,75	2	2,5	**GV2-M07**	1,6…2,5	**LC1-D09●●●●**	9
	1,1	2,5	4	**GV2-M08**	2,5…4	**LC1-D18●●●●**	18
	1,5	3,5	4	**GV2-M08**	2,5…4	**LC1-D18●●●●**	18
	2,2	5	6,3	**GV2-M10**	4…6,3	**LC1-D18●●●●**	18
	3	6,5	10	**GV2-M14**	6…10	**LC1-D18●●●●**	18
	4	8,4	10	**GV2-M14**	6…10	**LC1-D18●●●●**	18
Tipo 1 con corriente asignada de cortocircuito condicional Iq: 50 kA	0,37	1	1,6	**GV2-M06**	1…1,6	**LC1-D09●●●●**	9
	0,55	1,6	2,5	**GV2-M07**	1,6…2,5	**LC1-D09●●●●**	9
	0,75	2	2,5	**GV2-M07**	1,6…2,5	**LC1-D09●●●●**	9
	1,1	2,5	4	**GV2-M08**	2,5…4	**LC1-D09●●●●**	9
	1,5	3,5	4	**GV2-M08**	2,5…4	**LC1-D09●●●●**	9
	2,2	5	6,3	**GV2-M10**	4…6,3	**LC1-D09●●●●**	9
	3	6,5	9	**GV2-M14**	6…10	**LC1-D09●●●●**	9
	4	8,4	9	**GV2-M14**	6…10	**LC1-D09●●●●**	9
Tipo 1 con corriente asignada de cortocircuito condicional Iq: 15 kA	5,5	11	12	**GV2-M16**	9…14	**LC1-D12●●●●**	12
	7,5	14,8	18	**GV2-M20**	13…18	**LC1-D18●●●●**	18
	9	18,1	23	**GV2-M21**	17…23	**LC1-D25●●●●**	25
	11	21	25	**GV2-M22**	20…25	**LC1-D25●●●●**	25

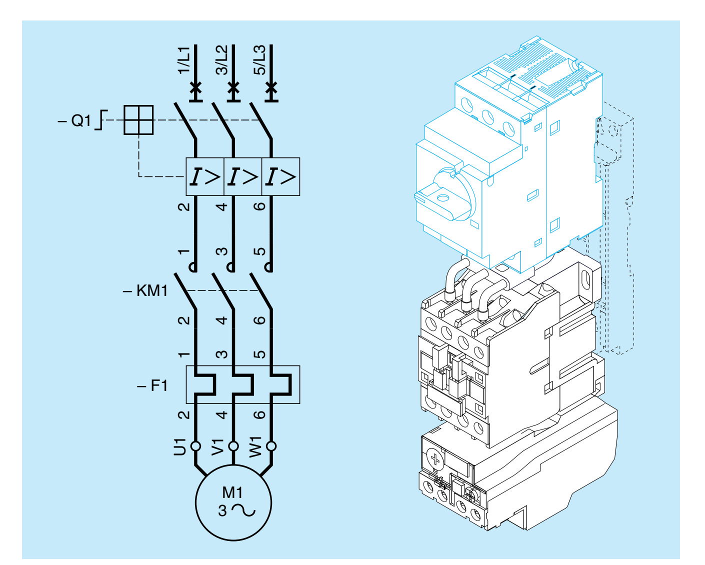
(2) Potencia normalizada de los motores.



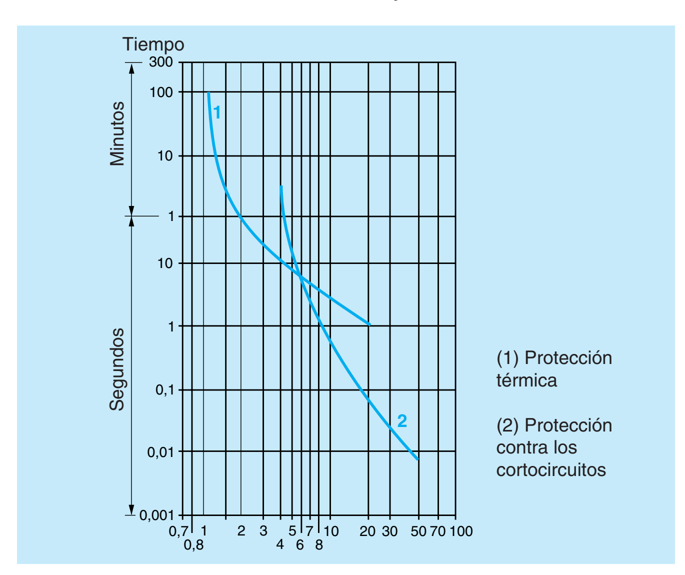
Arrancador estrella-triángulo con disyuntor motor



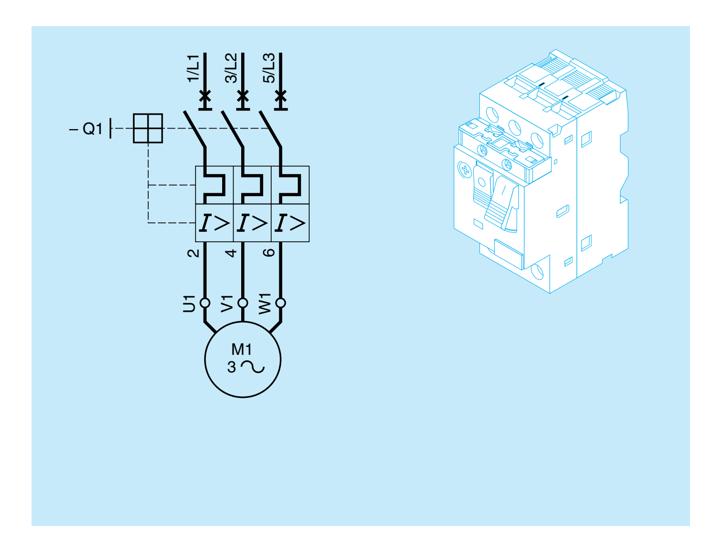
Control de un motor monofásico con disyuntor motor



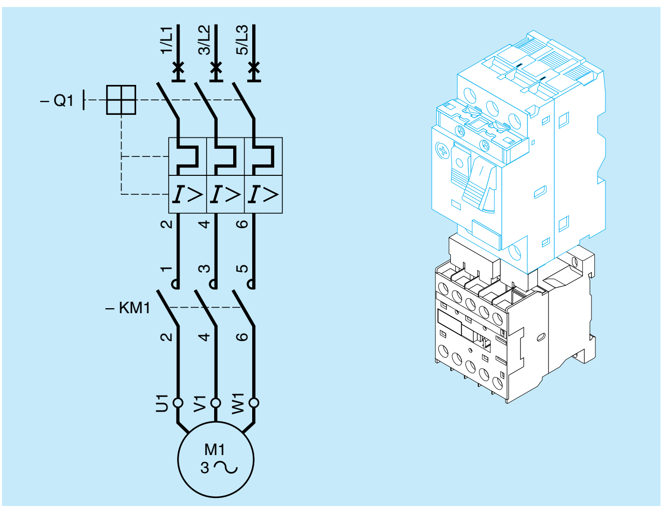
Disyuntor motor magnético + contactor + relé térmico



Curvas de disparo de un disyuntor motor GV2



Disyuntor motor magnetotérmico



Disyuntor motor magnetotérmico + contactor

Elección de un disyuntor: la selectividad

La selectividad consiste en coordinar las características de funcionamiento de los dispositivos de protección conectados en serie (por ejemplo, dispositivos de protección de arrancadores y disyuntor de protección general).
Existe selectividad de las protecciones cuando se produce un fallo en cualquier punto de la instalación y se soluciona únicamente con el dispositivo de protección más cercano a dicho punto aguas arriba. De esta forma, la selectividad permite que las consecuencias de un fallo sólo afecten a la parte de la instalación donde se ha producido.
La selectividad puede ser total o parcial.
Es total cuando, sea cual sea el valor de la corriente de fallo, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, el aparato situado aguas abajo se abre mientras que el aparato situado aguas arriba permanece cerrado.
Es parcial cuando las condiciones de selectividad sólo se respetan en un rango limitado de la corriente de fallo.

Técnicas de selectividad

La selectividad puede ser amperimétrica, cronométrica o una combinación de ambas.

♦ Selectividad amperimétrica

Utiliza la diferencia de ajuste de los umbrales de funcionamiento magnético de los disyuntores. Para que la selectividad sea total, la corriente de cortocircuito máxima en el disyuntor situado aguas abajo debe ser inferior al umbral de disparo instantáneo del disyuntor situado aguas arriba.

♦ Selectividad cronométrica

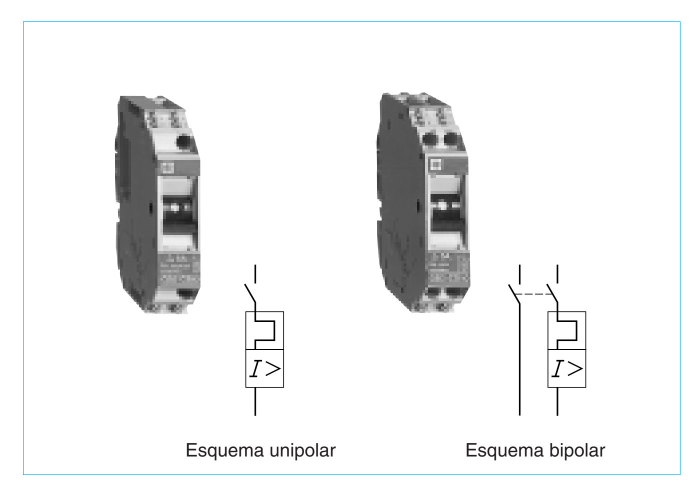
Utiliza la diferencia de los tiempos de funcionamiento entre los disyuntores situados aguas arriba y aguas abajo. Para instalarla es necesario utilizar disyuntores retardados. Es total si el tiempo de retardo del disyuntor situado aguas arriba es superior al tiempo de funcionamiento del disyuntor situado aguas abajo.

Determinación del disyuntor situado aguas arriba

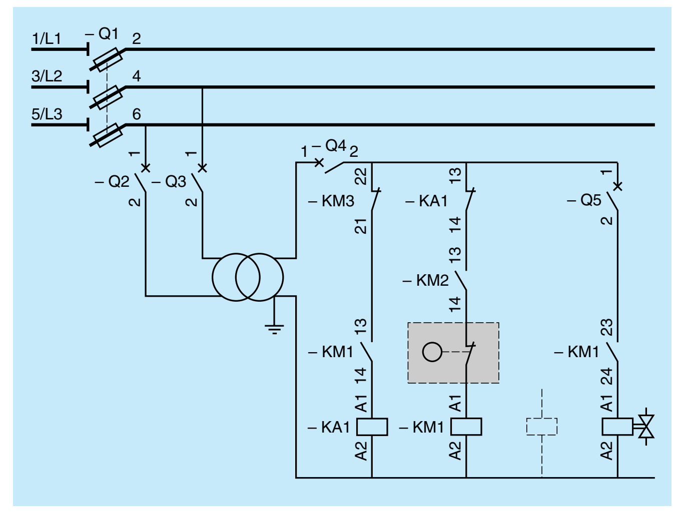
Para elegir el calibre I_0 del disyuntor situado aguas arriba en función del calibre de los aparatos que conforman los arrancadores I_1, I_2, I_3, ... I_N, se deben cumplir 2 condiciones:
– I_0 debe ser mayor o igual a la suma de I_1, I_2, I_3, ... I_N
– I_0 debe ser superior o igual a 3 veces el calibre del aparato que conforma el arrancador más potente.

Protección de los circuitos de control y de los circuitos auxiliares

El disyuntor de control, específico para proteger los circuitos de control y auxiliares contra cortocircuitos y sobrecargas, puede utilizarse como alternativa a los fusiles.
Para adecuarse a las necesidades y obtener una óptima seguridad deben elegirse calibres elevados (de 0,5 a 12 A).
Existen dos versiones, unipolar y bipolar –un polo protegido y un polo cortado–, que permiten realizar esquemas de todo tipo. La utilización de un disyuntor en sustitución de los fusibles no supone ningún cambio en los esquemas, como muestra el siguiente ejemplo.
Este disyuntor rearmable señaliza claramente el disparo y no requiere mantenimiento.
La curva de mantenimiento con umbral magnético elevado lo convierte en un producto idóneo para la protección de circuitos autoinductivos, como los transformadores de alimentación de los circuitos de control, las bobinas de contactores y electroválvulas, etc.



Disyuntores de control GB2 de Telemecanique



Esquema con disyuntores de control magnetotérmicos

Componentes modulares

Los componentes modulares integran una extensa familia de productos destinados principalmente a los automatismos para naves y edificios: almacenes, grandes superficies comerciales, naves agrícolas, edificios de oficinas, naves industriales, etc. Se utilizan para la puesta en servicio, el ajuste y la optimización del funcionamiento de todos los aparatos eléctricos: radiadores, calderas de agua caliente, iluminación de escaparates, dispositivos de riego, alumbrado público, puertas y ventanas automáticas, ventilación, etc.
Están diseñados de forma que se puedan montar en cuadros y cofres modulares. Todos los aparatos presentan una forma rigurosamente homogénea y unas medidas (anchura de 1 a 4 módulos de 17,5 mm) que permiten realizar equipos de dimensiones reducidas. Están fabricados con materiales prescritos en las normas de seguridad contra incendios más estrictas.
Estos aparatos garantizan la protección de las personas contra contactos directos.
Todos los aparatos son compatibles con los autómatas programables, por lo que se pueden integrar fácilmente en sistemas de gestión técnica centralizada para gestionar la energía y la seguridad de naves y edificios para uso industrial o terciario.

Contactores modulares

La principal aplicación de estos contactores es el control automático de todo tipo de receptores presentes en el edificio: resistencias de calentamiento, motores monofásicos o trifásicos, lámparas de incandescencia, tubos fluorescentes, lámparas de mercurio, etc.
Se pueden controlar a través de los termostatos, programadores, contactos de puertas, temporizadores, telerruptores, relés de prioridad, interruptores crepusculares, células fotoeléctricas, etc.
Existen en versión unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar, y presentan las siguientes características:
– distintas composiciones con polos de cierre o ruptores,
– visualización del estado mediante indicador mecánico frontal,
– fijación rápida mediante enganche y enclavamiento sobre perfil,
– conexión por conectores a tornillo,
– durabilidad eléctrica en AC-1 de 50.000 a 100.000 ciclos de maniobras según los modelos.

Contactores modulares con interruptor incorporado

Estos contactores están destinados a los usuarios que disponen de un sistema de doble tarificación. Incluyen en la parte frontal un dispositivo de control selectivo de cuatro posiciones:
– Paro “O”: receptor fuera de servicio,
– Marcha automática “A”: el contactor funciona automáticamente durante las “horas valle”, lo que permite alimentar los receptores en condiciones económicas más ventajosas,
– Marcha manual “I”: esta es una posición de funcionamiento forzado durante el período de “horas punta”, es decir, con tarifa normal. El contactor vuelve automáticamente a la posición “Auto” en el momento del cambio de tarifa,
– Manual “MAN”: es una posición de funcionamiento forzado con retorno manual a la posición “Auto”.

Contactores disyuntores de instalación

Los contactores disyuntores de instalación se utilizan para el control y protección general de las líneas de distribución de alumbrado y de calefacción en edificios para uso industrial y terciario. Estas líneas suelen estar formadas por canalizaciones eléctricas prefabricadas.
Existen dos versiones:
– de control mantenido o por impulso
Lo forman un contactor de control a distancia mantenido o por impulso, y un disyuntor magnetotérmico. Incluye un mando de funcionamiento forzado local; el retorno al funcionamiento controlado a distancia se realiza manualmente;
– de control mantenido
Lo forman un contactor de control a distancia mantenido y un disyuntor magnetotérmico. Incluye un mando de funcionamiento forzado local que admite dos tipos de retorno en el funcionamiento controlado a distancia: manual o al primer impulso de la bobina.
En ambos casos, el estado de los polos (función contactor) y la desactivación por cortocircuito o sobrecarga se visualizan en la parte frontal y se pueden detectar a distancia. Las personas y los bienes se protegen a través de:
– la limitación de la corriente de cortocircuito con un accesorio limitador con umbral de funcionamiento de 1.500 A,
– el corte omnipolar,
– la prioridad de la parada local,
– la posibilidad de enclavamiento con tres candados.

Otros componentes modulares

La gama de productos modulares incluye igualmente programadores, reguladores y temporizadores electrónicos que se utilizan para controlar los contactores, formando así equipos completos a partir de automatismos simples para naves y edificios.

Portafusibles

Admiten cartuchos fusibles cilíndricos de tamaños 8,5 × 31,5 – 10 × 38 – 14 × 51 – 22 × 58.

Relés estáticos autoprotegidos

Estos relés bipolares (fase + neutro) se utilizan para controlar y proteger circuitos monofásicos resistivos alimentados en corriente alterna.

Programadores diarios o semanales

Controlan la puesta en marcha y la parada de los receptores con un programa distinto para cada día de la semana, o análogo para dos o más días, consecutivos o alternos.

Programadores termostáticos

Controlan la puesta en marcha y la parada de aparatos de calefacción; la temperatura se controla a través de un termostato. Existen tres posibilidades de calefacción: confort, reducida y antihielo.

Interruptores crepusculares

Controlan los circuitos de alumbrado en función de la luz ambiente que se mide a través de captadores crepusculares.

Relés de prioridad

Si se sobrepasa la potencia suscrita ponen fuera de servicio los circuitos no prioritarios.

Arrancadores y variadores de velocidad electrónicos

El control de los motores eléctricos mediante conjuntos de conmutación "Todo o Nada" es una solución bien adaptada para el accionamiento de una amplia gama de máquinas. No obstante, conlleva limitaciones que pueden resultar incómodas en ciertas aplicaciones:
– el pico de corriente en el arranque puede perturbar el funcionamiento de otros aparatos conectados a la red,
– las sacudidas mecánicas que se producen durante los arranques y las paradas pueden ser inaceptables para la máquina así como para la seguridad y comodidad de los usuarios,
– funcionamiento a velocidad constante.
Los arrancadores y variadores de velocidad electrónicos eliminan estos inconvenientes. Adecuados para motores de corriente tanto alterna como continua, garantizan la aceleración y deceleración progresivas y permiten adaptar la velocidad a las condiciones de explotación de forma muy precisa. Según la clase del motor, se emplean variadores de tipo rectificador controlado, convertidor de frecuencia o regulador de tensión.

Principales tipos de variadores

Los variadores son convertidores de energía encargados de modular la energía eléctrica que recibe el motor. Los tipos de variadores más habituales son:

Rectificador controlado

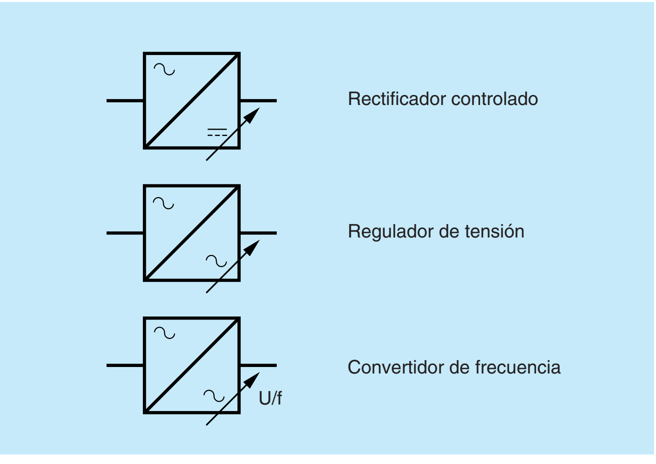
Suministra corriente continua a partir de una red alterna monofásica o trifásica y controla el valor medio de la tensión.
La variación de dicha tensión se obtiene mediante la modificación del ángulo de retardo en el momento del cebado de los semiconductores de potencia.
Este tipo de variador se utiliza para alimentar motores de corriente continua, generalmente de excitación separada.

Convertidor de frecuencia

Suministra tensión alterna a partir de una red alterna monofásica o trifásica de frecuencia fija, con valor eficaz y frecuencia variables según una ley U/f constante.
Se utiliza como variador de velocidad para motores asíncronos de jaula.

Regulador de tensión

Suministra corriente alterna a partir de una red alterna monofásica o trifásica, con la misma frecuencia fija que la red y controlando el valor eficaz de la tensión.
La variación de dicha tensión se obtiene mediante la modificación del ángulo de retardo en el momento del cebado de los semiconductores de potencia. Generalmente, se utiliza como arrancador progresivo para motores asíncronos de jaula estándar, siempre que no requieran un par de arranque elevado.
Asimismo, puede utilizarse como variador de velocidad para motores asíncronos de resistencias rotóricas o de anillos.



Símbolos de los principales tipos de variadores

Principales funciones de los arrancadores y variadores de velocidad electrónicos

Aceleración controlada

La aceleración del motor se controla por medio de una rampa de aceleración lineal o en forma de S. Generalmente, la rampa puede regularse y, por tanto, permite variar el tiempo de aceleración.

Variación de velocidad

Un variador de velocidad puede no ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, se trata de un sistema dotado de un control con amplificación de potencia pero sin bucle de retorno. Se denomina "sistema en lazo abierto".
La velocidad del motor queda determinada por una magnitud de entrada (tensión o corriente) denominada consigna o referencia. Para un valor dado de la consigna, la velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga o de la temperatura).
El rango de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

Regulación de la velocidad

Un regulador de velocidad es un variador con seguimiento de velocidad. Dispone de un sistema de control con amplificación de potencia y bucle de retorno. Se denomina "sistema en lazo cerrado".
La velocidad del motor queda determinada por una consigna, cuyo valor se compara permanentemente a una señal de retorno que representa la velocidad del motor. Generalmente, la señal procede de un generador tacométrico o de un generador de impulsos montado en el extremo del eje del motor. Si se detecta una desviación como consecuencia de la variación de la velocidad, el valor de la consigna se corrige automáticamente para ajustar la velocidad a su valor inicial.
La regulación permite que la velocidad sea prácticamente insensible a las perturbaciones.
Generalmente, la precisión de un regulador se expresa en % del valor nominal de la magnitud regulada.

Deceleración controlada

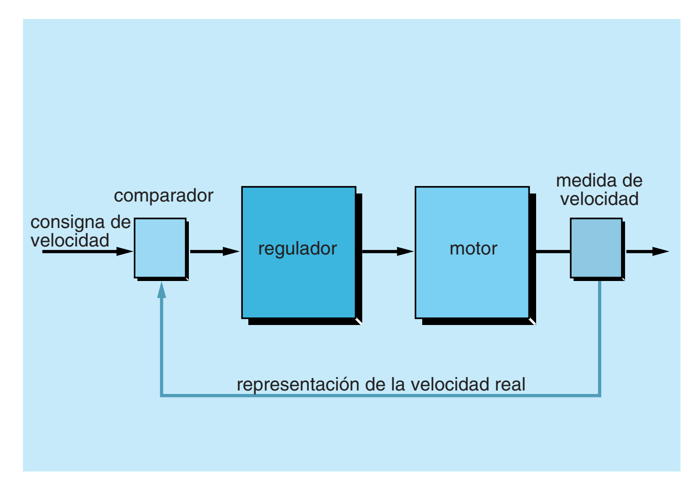
Cuando se corta la alimentación de un motor, su deceleración se debe únicamente al par resistente de la máquina (deceleración natural). Los arrancadores y variadores electrónicos permiten controlar la deceleración por medio de una rampa lineal o en forma de S, que suele ser independiente de la rampa de aceleración. Es posible regular la rampa para que el tiempo de transición entre la velocidad en régimen estable y una velocidad intermedia o nula sea:
– inferior al tiempo de deceleración natural
el motor debe desarrollar un par resistente que se añade al par resistente de la máquina,
– superior al tiempo de deceleración natural
el motor debe desarrollar un par motor inferior al par resistente de la máquina.

Inversión del sentido de marcha

Puede controlarse a velocidad nula después de la deceleración sin frenado eléctrico, o con frenado eléctrico, para que la deceleración y la inversión sean rápidas.

Protección integrada

Generalmente, los variadores modernos garantizan tanto la protección térmica de los motores como la suya propia. Un microprocesador utiliza la medida de la corriente para calcular el aumento de la temperatura del motor. En caso de recalentamiento excesivo, genera una señal de alarma o de fallo.
Por otra parte, los variadores, especialmente los convertidores de frecuencia, suelen incluir protección contra:
– cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra,
– sobretensiones y caídas de tensión,
– desequilibrios de fases,
– funcionamiento monofásico.



Principio de la regulación de velocidad



Cadena de embotellado controlada con variadores de velocidad Altivar

Composición

Los arrancadores y variadores de velocidad electrónicos constan de dos módulos, normalmente integrados en una misma envolvente:
– un módulo de control, que gestiona el funcionamiento del aparato,
– un módulo de potencia, que suministra energía eléctrica al motor.

El módulo de control

Todas las funciones de los variadores y arrancadores modernos se controlan por medio de un microprocesador que utiliza los ajustes, las órdenes transmitidas por un operador o por una unidad de tratamiento y los resultados de las medidas de velocidad, corriente, etc. En base a estos datos, el microprocesador gestiona el funcionamiento de los componentes de potencia, las rampas de aceleración y deceleración, el seguimiento de la velocidad, la limitación de corriente, la protección y la seguridad.
Según el tipo de producto, los ajustes (consignas de velocidad, rampas, limitación de corriente, etc.) se realizan por medio de potenciómetros, teclados, o desde autómatas o PC a través de un enlace serie.
Las órdenes (marcha, parado, frenado, etc.) pueden darse a través de interfaces de diálogo hombre/máquina, autómatas programables, PC, etc.
Los parámetros de funcionamiento y los datos de alarmas y de fallos pueden visualizarse a través de pilotos, diodos luminosos, visualizadores de 7 segmentos o de cristal líquido, pantallas de vídeo, etc.
En muchos casos, es posible configurar los relés para obtener información de:
– fallos (de la red, térmicos, del producto, de secuencia, sobrecarga, etc.),
– control (umbral de velocidad, prealarma o final de arranque).
Una alimentación independiente suministra las tensiones necesarias para el conjunto de los circuitos de medida y de control.

El módulo de potencia

Los elementos principales del módulo de potencia son:
– los componentes de potencia,
– los interfaces de tensión y/o de corriente,
– en aparatos de gran calibre, un conjunto de ventilación.
Los componentes de potencia son semiconductores (ver el recuadro de la página siguiente) que funcionan en modo “Todo o Nada” y, por tanto, son similares a los interruptores estáticos de dos estados: pasante y bloqueado.
Estos componentes, integrados en un módulo de potencia, forman un convertidor que alimenta un motor eléctrico con tensión y/o frecuencia variables a partir de la red de tensión y frecuencia fijas.

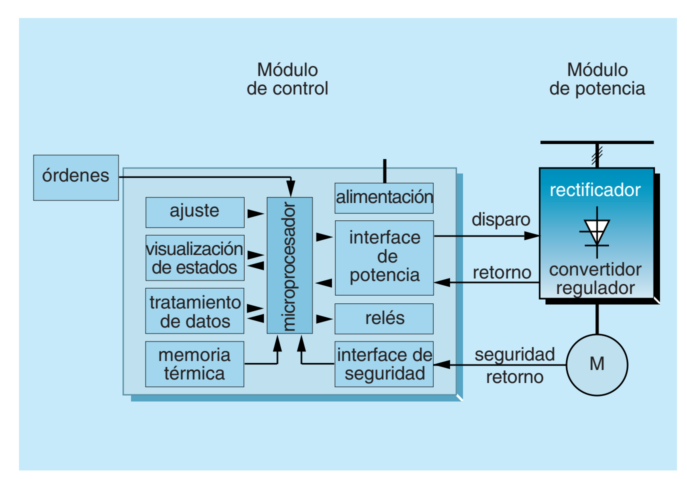
Componentes de potencia

El diodo

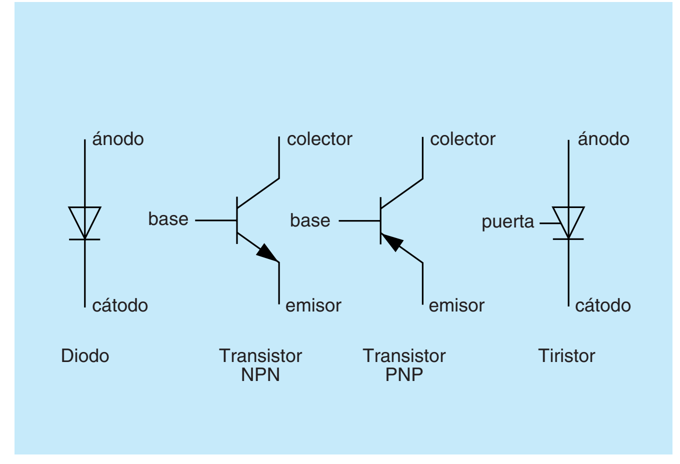
El diodo es un semiconductor no controlado que consta de dos zonas, P (ánodo) y N (cátodo), y que sólo permite que la corriente fluya en un sentido, del ánodo al cátodo. El diodo es conductor cuando la tensión del ánodo es más positiva que la del cátodo, actuando como un interruptor cerrado. Cuando la tensión del ánodo es menos positiva que la del cátodo, el diodo bloquea la corriente y funciona como un interruptor abierto.

El transistor

Es un semiconductor controlado que consta de tres zonas alternas PNP o NPN. Sólo permite que la corriente fluya en un sentido: del emisor hacia el colector con tecnología PNP y del colector hacia el emisor con tecnología NPN.
Normalmente, actúa como un amplificador. En este caso, el valor de la corriente controlada depende de la corriente de control que circula en la base. No obstante, también puede funcionar en modo “Todo o Nada”, como interruptor estático: abierto en ausencia de corriente de base y cerrado en caso de saturación. Los circuitos de potencia de los variadores utilizan el segundo modo de funcionamiento.



Estructura general de un variador de velocidad



Componentes de potencia

El tiristor

Es un semiconductor controlado que consta de cuatro capas alternas PNPN. Funciona como un interruptor estático cuyo cierre se controla mediante el envío de un impulso eléctrico a un electrodo de control denominado puerta. El cierre (o disparo) sólo es posible si la tensión del ánodo es más positiva que la del cátodo.
El tiristor se bloquea cuando se anula la corriente que lo recorre, es decir, en cada paso por cero del período alterno. La energía de disparo suministrada a la puerta no guarda relación con la corriente que se conmuta, es una propiedad intrínseca del tiristor utilizado.

El IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

Es un tipo de transistor particular que se controla bajo tensión con muy poca energía, lo que explica la ausencia de relación entre la energía necesaria para el control y la corriente conmutada. Dada la alta velocidad de conmutación, el semiconductor debe soportar las presiones propias de una dV/dt considerable. Para minimizar dichas presiones, se utilizan inductancias y circuitos de ayuda a la conmutación compuestos por resistencias, condensadores y diodos.

El GTO (Gate Turn off Thyristor)

Es un tipo de tiristor particular cuya extinción se controla por medio de un impulso negativo. La energía necesaria para ello depende de la corriente conmutada.

El IPM (Intelligent Power Module)

Es un puente ondulador con transistores de potencia IGBT que integra su propio control de vías. El IPM reúne en la misma caja:
– 7 componentes IGBT, 6 de ellos para el puente ondulador y 1 para el frenado,
– los circuitos de control de los IGBT,
– 7 diodos de potencia de rueda libre,
– protecciones contra cortocircuitos, sobreintensidades y excesos de temperatura.

Principales modos de funcionamiento

Unidireccional

En electrónica de potencia, un dispositivo de conversión es unidireccional si sólo permite que la energía fluya en el sentido red-receptor.
Es posible aplicar un frenado de parada en corriente alterna mediante la conexión a la resistencia de un dispositivo de frenado distinto que disipe la energía almacenada en las piezas en movimiento.

Reversible

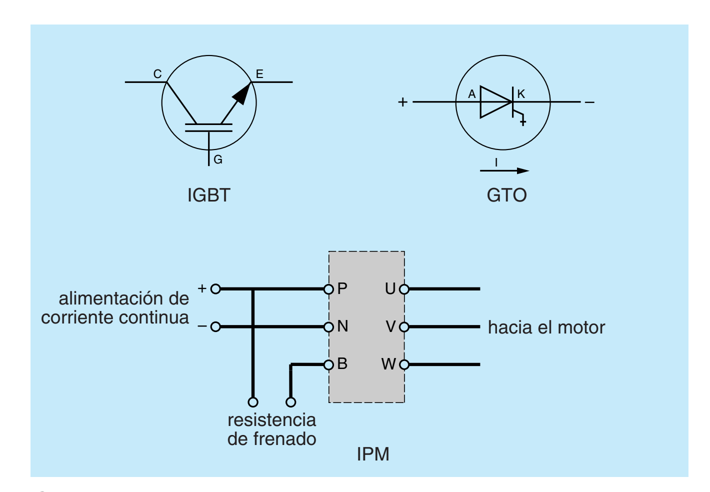
En electrónica de potencia, un dispositivo de conversión es reversible, o bidireccional, si permite que la energía fluya en ambos sentidos: red-receptor y receptor-red. En este caso, es posible realizar el frenado volviendo a enviar a la red de alimentación la totalidad o parte de la energía almacenada en las piezas en movimiento.

Par constante

El funcionamiento es de par constante cuando el motor suministra el par nominal con independencia de la velocidad.

Carga arrastrante

Una carga es arrastrante cuando produce una fuerza aceleradora que actúa en el sentido del movimiento. Por ejemplo, en los dispositivos de elevación, el motor debe desarrollar un par de frenado durante la bajada para compensar la fuerza aceleradora que produce la carga.

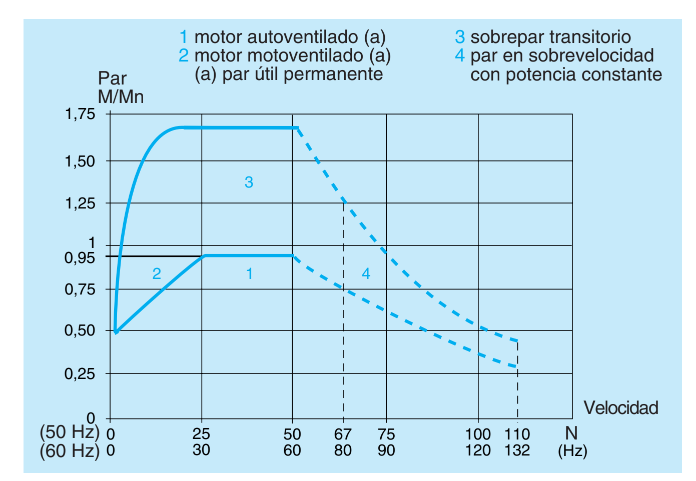


Componentes de potencia

Los semiconductores como el silicio son materiales cuya resistividad se sitúa entre la de los conductores y la de los aislantes. Sus átomos poseen 4 electrones periféricos. Cada átomo se asocia con 4 átomos próximos para formar una estructura estable de 8 electrones. Un semiconductor de tipo P se obtiene mediante la incorporación al silicio puro de una pequeña proporción de un cuerpo cuyos átomos poseen 3 electrones periféricos. Por tanto, falta un electrón para formar una estructura de 8, lo que se traduce en un excedente de cargas positivas.
Un semiconductor de tipo N se obtiene mediante la incorporación de un cuerpo de 5 electrones periféricos. En este caso, existe un excedente de electrones y, por tanto, de cargas negativas.

Convertidor de frecuencia para motor asíncrono

Para obtener un par constante a cualquier velocidad, es necesario mantener el flujo constante. Para ello, la tensión y la frecuencia deben evolucionar simultáneamente y en idéntica proporción.
El convertidor de frecuencia, que se alimenta en la red a tensión y frecuencia fijas, garantiza la alimentación del motor a corriente alterna con tensión y frecuencia variables, en base a las exigencias de velocidad.
El circuito de potencia consta de un rectificador y de un ondulador que, partiendo de la tensión rectificada, produce una tensión de amplitud y frecuencia variables. El ondulador utiliza seis transistores de potencia. El principio de la regulación es el mismo del variador-regulador de corriente continua.
El ondulador puede generar una frecuencia más elevada que la de la red y, por tanto, garantizar al motor un incremento de velocidad proporcional al incremento de frecuencia. No obstante, dado que la tensión de salida del convertidor no puede superar a la de la red, el par disponible decrece en proporción inversa al aumento de la velocidad. Por encima de su velocidad nominal, el motor deja de funcionar a par constante para hacerlo a potencia constante (P = Cω).
Este tipo de variador, por ejemplo el Altivar, es adecuado para la alimentación de motores asíncronos de jaula.
El Altivar permite crear una minirred eléctrica de U y f variables, capaz de alimentar varios motores en paralelo. Consta de:
– un rectificador con condensador de filtrado,
– un ondulador con 6 transistores de potencia,
– una unidad de control organizada en torno a un microprocesador que garantiza el control del ondulador.
La ondulación se obtiene mediante el corte de la tensión continua por medio de impulsos cuya duración, y por tanto longitud, se modula para que la corriente alterna resultante sea lo más senoidal posible. Esta característica condiciona la rotación regular a baja velocidad y limita los calentamientos.
La inversión de la señal de control implica la inversión del orden de funcionamiento de los componentes del ondulador y, por tanto, del sentido de rotación del motor.
Dos rampas se encargan de regular la aceleración y la deceleración.



Características de par con el ATV 58

El variador se protege a sí mismo y protege al motor contra calentamientos excesivos, bloqueándose hasta recuperar una temperatura aceptable.

Regulación

En bucle abierto, la referencia de velocidad impone una frecuencia al ondulador, lo que determina la velocidad teórica del motor. No obstante, la velocidad real varía con la carga.
En bucle cerrado, la velocidad real se controla por medio de una dinamo tacométrica. La regulación garantiza una velocidad constante.

Frenado de parada

Se obtiene mediante la inyección de corriente continua en el motor.

Frenado ralentizado

Un módulo de frenado realiza una frenada controlada.
La energía de frenado se disipa en una resistencia conectada a las bornas del condensador de filtrado.

Control vectorial del flujo

Los variadores de velocidad para motores asíncronos trifásicos aumentan día a día las prestaciones de los motores asíncronos utilizados a velocidad variable.
Tradicionalmente, las aplicaciones que requerían prestaciones de accionamiento de alto nivel recurrían a soluciones basadas en motores de corriente continua. En la actualidad, las técnicas de Control Vectorial de Flujo (CVF) permiten utilizar igualmente motores asíncronos. Sin embargo, los motores de corriente continua se siguen utilizando en el caso de potencias muy elevadas, debido al alto coste de los variadores.
El CVF amplía el rango de funcionamiento de los motores asíncronos hacia velocidades muy bajas. Si el motor dispone de un captador de posición y, eventualmente, de una ventilación forzada, el par nominal puede suministrarse incluso en el momento de la parada, con un par transitorio máximo igual a 2 o 3 veces el par nominal, dependiendo del tipo de motor. Asimismo, la velocidad máxima suele alcanzar el doble de la velocidad nominal, o más si la mecánica del motor lo permite.



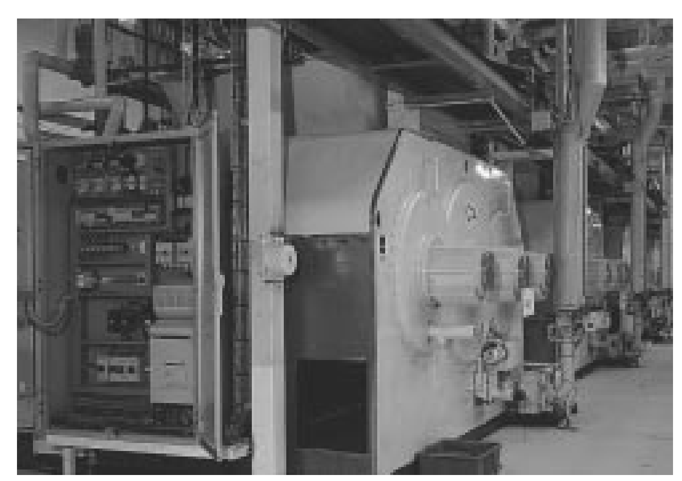
Variadores ATV 18 y ATV 58 de Telemecanique

Regulador de tensión para motor asíncrono

Un regulador de tensión alimenta, bajo tensión variable y frecuencia fija, distintos tipos de receptores: alumbrado, calefacción, motores, etc.
En lo referente al control de motores, el regulador de tensión se utiliza como arrancador-ralentizador progresivo en motores asíncronos de jaula de ardilla.

Arrancador-ralentizador progresivo

El regulador de tensión es un excelente arrancador para aquellos casos en los que no es necesario un par de arranque elevado (el par es proporcional al cuadrado de la tensión: $C = kU^2$). En caso de ser necesario, es posible aumentar este par mediante el uso de motores dotados de una jaula adicional para el arranque (motores de doble jaula).
El regulador Altistart lleva a cabo la aceleración y deceleración progresivas de los motores asíncronos de jaula sin sacudidas, picos de corriente ni caídas de tensión excesivas, incluso en el caso de fuertes inercias.
Su circuito de potencia incluye 2 tiristores montados en oposición por cada una de las fases. La variación de tensión se obtiene por medio de la variación del tiempo de conducción de los tiristores durante cada semiperíodo.
Cuanto mayor es el retraso del momento y de cebado, menor es el valor de la tensión resultante. Y todo esto siguiendo un algoritmo de control de par.
El cebado de los tiristores se gestiona por medio de un microprocesador que, además, lleva a cabo las siguientes funciones:
– control del par,
– control de las rampas de aceleración y deceleración regulables,
– limitación de la corriente regulable,
– sobrepar de despegue,
– control de frenado por impulsos de corriente continua,
– protección del variador contra sobrecargas,
– protección del motor contra los calentamientos causados por las sobrecargas o arranques demasiado frecuentes,
– detección de desequilibrio o ausencia de las fases y de defectos de los tiristores.
Un panel de control permite visualizar distintos parámetros de funcionamiento y facilita la puesta en servicio, la explotación y el mantenimiento.
El Altistart permite controlar el arranque y el ralentizamiento de:
– un solo motor,
– varios motores, simultáneamente, dentro del límite de su calibre,
– varios motores sucesivamente, por conmutación. En régimen estable, cada motor se alimenta directamente desde la red a través de un contactor.



Elaboración de pasta de chocolate controlada con Altistart



Arrancador ralentizador progresivo Altistart de Telemecanique

1

Elección de un contactor

Son muchas y variadas las aplicaciones que requieren contactores. La elección del contactor con el calibre más apropiado depende directamente de las características de cada aplicación.
Los fabricantes incluyen en sus catálogos tablas que permiten determinar el calibre de los contactores en función del tipo general de aplicación (distribución o control de motores) y de las tensiones y corrientes utilizadas. Dichas tablas se establecen para:
– cadencias de funcionamiento < a 30 ciclos de maniobras por hora (los motores estándar admiten 6 arranques por hora),
– una temperatura ambiente de 40 °C,
– una tensión ≤ 440 V.
En estas condiciones, un contactor puede conmutar una corriente igual a su propia corriente asignada de empleo según las categorías de empleo AC-1 o AC-3. En los demás casos puede ser necesaria una desclasificación, es decir, utilizar un contactor de calibre superior que se determina consultando las tablas o curvas correspondientes.

Criterios de elección de un contactor

Elegir un contactor para una aplicación concreta significa fijar la capacidad de un aparato para establecer, soportar e interrumpir la corriente en el receptor que se desea controlar, en unas condiciones de utilización establecidas, sin recalentamientos ni desgaste excesivo de los contactos.
Para elegir correctamente el contactor hay que tener en cuenta:
– el tipo y las características del circuito o del receptor que se desea controlar: intensidad y tipo de corriente, tensión, regímenes transitorios en la puesta bajo tensión, etc.,
– las condiciones de explotación: ciclos de maniobras/hora, factor de marcha, corte en vacío o en carga, categoría de empleo, tipo de coordinación, durabilidad eléctrica deseada, etc.,
– las condiciones del entorno: temperatura ambiente, altitud cuando sea necesario, etc.
La importancia de cada uno de estos criterios es distinta en cada aplicación. Por ejemplo:

♦ Control de un circuito resistivo
Este tipo de aplicación (por ejemplo resistencias de calentamiento) pertenece a la categoría de empleo AC-1, con un número de ciclos de maniobras reducido. El calentamiento del contactor depende principalmente de la corriente nominal del receptor y del tiempo de paso de esta corriente.

♦ Control de un motor asíncrono de jaula
La categoría de empleo de esta aplicación puede ser AC-3 (cortes con motor lanzado) o AC-4 (cortes con motor calado). El calentamiento se debe tanto al paso de la corriente nominal del motor como al pico de corriente en el arranque y a la energía de arco en el corte. Por lo tanto, con un calibre de contactor y una categoría de empleo determinados, el calentamiento será mayor cuanto mayor sea la frecuencia de ciclos de maniobras. Así pues, los criterios básicos para elegir el contactor son las categorías de empleo y la frecuencia de ciclos de maniobras.

♦ Control de receptores con un pico de corriente transitorio elevado en la puesta bajo tensión
Este es el caso de, por ejemplo, los primarios de un transformador o de las baterías de condensadores. La corriente de cresta en la puesta bajo tensión de estos aparatos puede llegar a ser más de diez veces superior a la corriente nominal. El poder de cierre asignado del contactor debe ser lo bastante alto como para que la fuerza de repulsión de la corriente transitoria no provoque la apertura no controlada ni la soldadura de los contactos. Este es pues el criterio básico para la elección de un contactor en este tipo de aplicación.

Los fabricantes elaboran las tablas de elección teniendo en cuenta todos estos criterios, lo que permite elegir cómodamente el contactor más apropiado para cada aplicación.

1

Elección de un contactor

Son muchas y variadas las aplicaciones que requieren contactores. La elección del contactor con el calibre más apropiado depende directamente de las características de cada aplicación.
Los fabricantes incluyen en sus catálogos tablas que permiten determinar el calibre de los contactores en función del tipo general de aplicación (distribución o control de motores) y de las tensiones y corrientes utilizadas. Dichas tablas se establecen para:
– cadencias de funcionamiento < a 30 ciclos de maniobras por hora (los motores estándar admiten 6 arranques por hora),
– una temperatura ambiente de 40 °C,
– una tensión ≤ 440 V.
En estas condiciones, un contactor puede conmutar una corriente igual a su propia corriente asignada de empleo según las categorías de empleo AC-1 o AC-3. En los demás casos puede ser necesaria una desclasificación, es decir, utilizar un contactor de calibre superior que se determina consultando las tablas o curvas correspondientes.

Criterios de elección de un contactor

Elegir un contactor para una aplicación concreta significa fijar la capacidad de un aparato para establecer, soportar e interrumpir la corriente en el receptor que se desea controlar, en unas condiciones de utilización establecidas, sin recalentamientos ni desgaste excesivo de los contactos.
Para elegir correctamente el contactor hay que tener en cuenta:
– el tipo y las características del circuito o del receptor que se desea controlar: intensidad y tipo de corriente, tensión, regímenes transitorios en la puesta bajo tensión, etc.,
– las condiciones de explotación: ciclos de maniobras/hora, factor de marcha, corte en vacío o en carga, categoría de empleo, tipo de coordinación, durabilidad eléctrica deseada, etc.,
– las condiciones del entorno: temperatura ambiente, altitud cuando sea necesario, etc.
La importancia de cada uno de estos criterios es distinta en cada aplicación. Por ejemplo:

♦ Control de un circuito resistivo
Este tipo de aplicación (por ejemplo resistencias de calentamiento) pertenece a la categoría de empleo AC-1, con un número de ciclos de maniobras reducido. El calentamiento del contactor depende principalmente de la corriente nominal del receptor y del tiempo de paso de esta corriente.

♦ Control de un motor asíncrono de jaula
La categoría de empleo de esta aplicación puede ser AC-3 (cortes con motor lanzado) o AC-4 (cortes con motor calado). El calentamiento se debe tanto al paso de la corriente nominal del motor como al pico de corriente en el arranque y a la energía de arco en el corte. Por lo tanto, con un calibre de contactor y una categoría de empleo determinados, el calentamiento será mayor cuanto mayor sea la frecuencia de ciclos de maniobras. Así pues, los criterios básicos para elegir el contactor son las categorías de empleo y la frecuencia de ciclos de maniobras.

♦ Control de receptores con un pico de corriente transitorio elevado en la puesta bajo tensión
Este es el caso de, por ejemplo, los primarios de un transformador o de las baterías de condensadores. La corriente de cresta en la puesta bajo tensión de estos aparatos puede llegar a ser más de diez veces superior a la corriente nominal. El poder de cierre asignado del contactor debe ser lo bastante alto como para que la fuerza de repulsión de la corriente transitoria no provoque la apertura no controlada ni la soldadura de los contactos. Este es pues el criterio básico para la elección de un contactor en este tipo de aplicación.

Los fabricantes elaboran las tablas de elección teniendo en cuenta todos estos criterios, lo que permite elegir cómodamente el contactor más apropiado para cada aplicación.

Ejemplos de elección en función de las aplicaciones

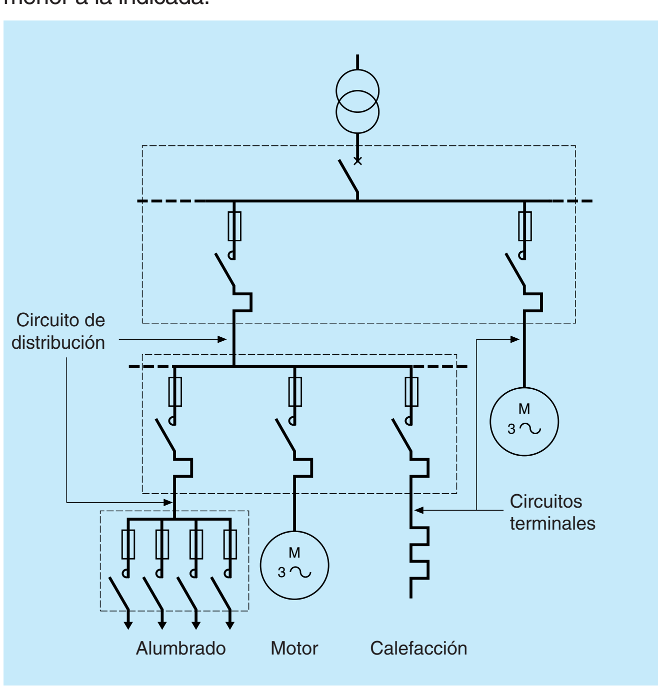
En los siguientes ejemplos los contactores se han elegido utilizando las tablas de elección que figuran en el catálogo general de Telemecanique. Para cada tipo de aplicación, dichas tablas se han elaborado teniendo en cuenta las condiciones de explotación y entorno más habituales. Permiten elegir el contactor más apropiado rápidamente y sin necesidad de cálculos.
Los contactores también se pueden elegir según la durabilidad eléctrica deseada. En tal caso, se recomienda consultar las curvas que indican el calibre del contactor que se debe utilizar en función de la corriente cortada, y que figuran igualmente en el catálogo de Telemecanique. Dichas curvas se han utilizado en los ejemplos de elección para control de motores.
El entorno de los contactores en cada aplicación es el mismo: montaje en cofre y temperatura ambiente exterior ≤ 40 °C, es decir, unos 55 °C en el entorno del aparato dentro del cofre. De este modo se aprecia mejor la diferencia del calibre elegido para cada una de las aplicaciones.
La potencia de los receptores es de 22 kW en 400 V/50 Hz (230 V para las lámparas).

Elección de un contactor para un circuito de distribución

Un circuito de distribución alimenta uno o varios cuadros de distribución o circuitos terminales, como motores, sistemas de calefacción, de alumbrado, etc.
En un circuito de distribución, el contactor se puede utilizar de dos formas distintas:

como contactor de línea
El contactor, que suele ser de gran calibre, debe asociarse con dispositivos de protección contra los cortocircuitos y las sobrecargas de las líneas de distribución.
El servicio tiene una duración prolongada y un número de ciclos de maniobras reducido. En la mayoría de los casos, el cierre se realiza en vacío y la apertura en carga normal. El poder de corte del conjunto debe ser elevado y el contactor debe estar coordinado con los demás dispositivos de protección para evitar cualquier accidente.

como contactor de acoplamiento
En este caso, el contactor situado corriente abajo del dispositivo general de corte se utiliza para alimentar varios dispositivos locales.
Como en el caso anterior, el servicio tiene una duración prolongada y un número de ciclos de maniobras reducido.
El cierre y la apertura suelen producirse cuando no hay corriente. Por lo tanto, el cos φ no es relevante y sólo se tiene en cuenta la corriente térmica.
Para determinar el calibre del contactor basta con consultar la tabla de elección teniendo en cuenta:
– la corriente térmica máxima admisible en categoría AC-1 *(ver la tabla de la página 60)*,
– la temperatura ambiente: si supera los 40 °C puede ser necesario un contactor de mayor calibre,
– la sección de los cables de conexión, que debe ser igual o menor a la indicada.



1

Elección de un contactor para un circuito de alumbrado

Los circuitos de alumbrado se calculan para un número determinado de puntos luminosos con potencias bien definidas. Durante la explotación pueden cambiar el número y la potencia de los puntos luminosos, pero nunca sobrepasan la potencia máxima prevista en un principio. En estas condiciones no hay riesgo de que se produzcan sobreintensidades de sobrecarga, y basta con proteger el circuito contra los cortocircuitos utilizando, por ejemplo, fusibles de distribución de clase Gg.
La elección de los contactores depende tanto del factor de potencia y de la corriente absorbida en servicio normal como de la corriente transitoria en la puesta bajo tensión de ciertas lámparas.

Lámparas de filamento

Esta aplicación requiere pocos ciclos de maniobras. Como el cos φ se aproxima a 1, sólo hay que tener en cuenta la corriente térmica. En la puesta bajo tensión (cuando los filamentos están fríos y, por tanto, son poco resistentes) se produce un pico de corriente que puede variar entre 15 y 20 In, en función de la distribución de las lámparas en la línea. Es necesario elegir un contactor capaz de establecer esta corriente de pico.
Si el circuito es monofásico, se puede instalar un contactor tetrapolar con los polos montados en paralelo de dos en dos. En tal caso, la corriente no se reparte por igual en cada polo, por lo que conviene aplicar al valor de la corriente térmica convencional del contactor un coeficiente de 1,6 en lugar de 2.

♦ Ejemplo

U = 400 V trifásica
Distribución uniforme de las lámparas entre las fases y el neutro, es decir, en 230 V
Potencia total de las lámparas = 22 kW
Ip = 18 In

Las lámparas están conectadas entre las fases y el neutro, por lo que la corriente de línea es de:

$$I = \frac{P}{3\,U} = \frac{22.000}{3 \times 230} \approx 32\ \text{A}$$

La corriente de pico llega a 32 × 18 ≈ 576 A.
En tal caso, se puede utilizar un contactor válido, por ejemplo, para 32 A en categoría AC-1, aunque no hay que olvidar el poder asignado de corte: con un valor de cresta de 576 A y un poder de cierre con un valor eficaz, será necesario elegir un contactor con un poder de cierre de $576/\sqrt{2} \approx 408$ A.
Se puede utilizar un contactor LC1 D25 de 40 A en AC-1 para una temperatura ambiente de 40 °C (32 A en AC-1 para 55 °C) y un poder asignado de corte de 450 A.

Tubos fluorescentes

Funcionan con un ballast que absorbe una potencia adicional de aproximadamente 10 W. El factor de potencia se aproxima a 0,4 sin compensación y equivale a 0,9 con compensación. Como el condensador de compensación suele ser reducido (< 10 µF), no se tiene en cuenta para determinar el contactor.
Para elegir el contactor de control es necesario calcular la corriente I_B que absorben las lámparas (conjuntos de tubo + ballast) según:
– el catálogo del fabricante de las lámparas,
– o la relación $I_B = \frac{n\,(P + p)}{U \cos \varphi}$ donde

n = número de lámparas
P = potencia de cada lámpara
p = potencia del ballast, es decir 10 W para P = 20 a 65 W
cos φ = 0,4 sin compensación o 0,9 con compensación

El contactor se elige para que:
$I_{AC\text{-}1}$ a 55 °C ≥ $I_B/0,8$

♦ Ejemplo

U = 440 V trifásico
Tubos fluorescentes compensados, conectados entre fase y neutro, con una potencia unitaria de 65 W y de aproximadamente 22 kW en total

Potencia por fase: 22/3 = 7,3 kW
Número de lámparas por fase: 7.300/65 = 112
Corriente total absorbida:

$$I_B = \frac{n\,(P + p)}{U \cos \varphi} = \frac{112\,(65 + 10)}{230 \times 0,9} = 41\ \text{A}$$

Elegiremos un contactor con una corriente de empleo asignada igual o superior a 41/0,8 = 51 A en AC-1 y a 55 °C, es decir, un contactor LC1 D40.

Lámparas de descarga

Funcionan con un ballast, un cebador y un condensador de compensación. Aunque el valor del condensador no suele rebasar 120 µF, hay que tenerlo en cuenta para determinar el contactor.
Para elegir el contactor hay que calcular la corriente I_B absorbida por las lámparas (conjuntos lámpara + ballast compensado) según:
– el catálogo del fabricante de las lámparas,
– o la relación $I_B = \frac{n\,(P + p)}{U \cos \varphi}$ donde
n = número de lámparas
P = potencia de cada lámpara
p = potencia del ballast = 0,03 P
cos φ = 0,9

El contactor se elige para que:
$I_{AC\text{-}1}$ a 55 °C ≥ $I_B/0,6$
Es necesario ratificar la elección comprobando que el valor del condensador de compensación es compatible con el contactor. Por ejemplo, la siguiente tabla, donde figuran las capacidades máximas que admiten los contactores de Telemecanique serie d:

tamaño del contactor	D09/D12	D18	D25	D32	D40/D50	D65/D80/D95
condensador µF	18	25	60	96	60	240

♦ Ejemplo

U = 400 V trifásica
Lámparas de descarga conectadas entre fase y neutro, con una potencia unitaria de 1 kW y de aproximadamente 21 kW en total
Condensador de compensación = 100 µF

Potencia por fase: 21/3 = 7 kW
Número de lámparas por fase: 7/1 = 7

Corriente absorbida por fase:

$$I_B = \frac{n\,(P + 0{,}03\,P)}{U \cos\varphi} = \frac{7\,(1.000 + 30)}{230 \times 0{,}9} = 35\ A$$

Elegiremos un contactor con una corriente de empleo asignada igual o superior a 35/0,6 = 58 A en AC-1 a 55 °C, es decir un contactor LC1 D50. Este contactor admite una compensación de 120 µF por cada lámpara.

Elección de un contactor para un circuito de calefacción

Un circuito de calefacción es un circuito terminal que alimenta uno o más elementos de calefacción resistentes controlados con un contactor.
La variación de la resistencia entre los estados frío y caliente origina un pico de corriente que nunca sobrepasa 2 o 3 In en la puesta bajo tensión.
Normalmente, en este circuito no se producen sobreintensidades de corriente, por lo que basta con protegerlo contra los cortocircuitos utilizando, por ejemplo, cortacircuitos fusibles de clase Gg.
Esta aplicación pertenece a la categoría de empleo AC-1: control de hornos, regulación, calefacción industrial, secado, calefacción doméstica, piscinas, cubetas, etc. Requiere pocos ciclos de maniobras.
Como el cos φ se aproxima a 1, sólo hay que tener en cuenta la corriente térmica convencional.
Como en el caso anterior, si el circuito es monofásico se puede utilizar un contactor tetrapolar con los polos conectados en paralelo de dos en dos.

♦ Ejemplo

U = 400 V trifásico
P = 22 kW

La corriente absorbida por las resistencias es de:

$$I = \frac{P}{U\sqrt{3}} = \frac{22.000}{400 \times 1{,}732} = \approx 32\ A$$

Elegiremos un contactor con una corriente térmica convencional de este valor como mínimo en categoría AC-1 a 55 °C, es decir, un contactor LC1 D25.
Si, por ejemplo, la alimentación fuera monofásica y la corriente térmica idéntica, podríamos utilizar un contactor tetrapolar conectando los polos en paralelo de dos en dos.
En tal caso, habría que tener en cuenta una corriente de 32/1,6 = 20 A, lo que permitiría utilizar en la misma categoría AC-1 un contactor LC1 D12, es decir, un contactor de calibre inferior.

Elección de un contactor para un primario de transformador

Independientemente de la carga conectada en el secundario, el pico de corriente magnetizante (valor de cresta) que se produce cuando se pone bajo tensión el primario de un transformador puede llegar a ser, durante la primera mitad de onda, de 25 a 30 veces el valor de la corriente nominal. Es pues necesario tenerla en cuenta para establecer el calibre de los fusibles de protección y del contactor.

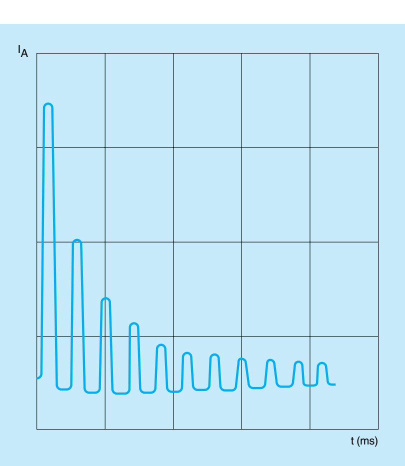
♦ Ejemplo

U = 400 V trifásico
Potencia del transformador = 22 kVA

Corriente nominal absorbida por el primario del transformador:

$$I = \frac{S}{U\sqrt{3}} = \frac{22.000}{400 \times 1{,}732} = \approx 32\ A$$

Valor de la corriente de cresta de la primera mitad de onda:
In × pico = 32 × 30 = 960 A.
La corriente obtenida al multiplicar el poder asignado de cierre del contactor por √2 debe ser igual o superior a este valor. Por lo tanto, se necesita un contactor con un poder asignado de cierre ≥ 960/√2 = 679 A, es decir, un contactor LC1 D40 con un poder de cierre de 800 A.



Corriente establecida en un primario de transformador de 10 kVA (en las peores condiciones).
Escala de corriente: 250 A por división.
Escala de tiempo: 20 ms entre cada cresta.

1

Elección de un contactor para acoplamiento de condensadores

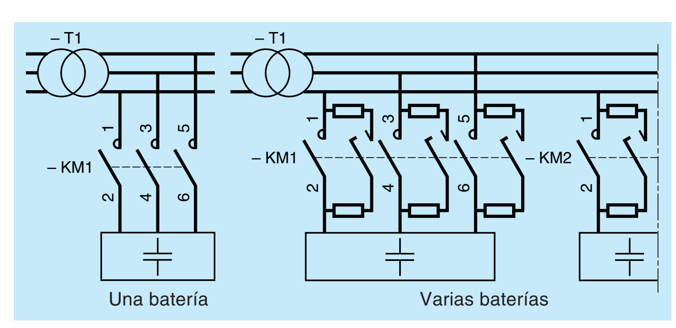
El acoplamiento de los condensadores utilizados para elevar el factor de potencia de una instalación presenta las siguientes particularidades:
– en la puesta bajo tensión los condensadores se encuentran completamente descargados, por lo que el único límite del pico de corriente, que corresponde a la corriente de cortocircuito, es la impedancia de la línea y/o del transformador. Este pico de corriente, muy breve pero muy intenso, es aún mayor cuando los condensadores ya están acoplados a causa de la descarga parcial de estos últimos. Esto sucede, en concreto, cuando el factor de potencia se regula en cascada de forma automática, especialmente para el último contactor. Cuando existe el riesgo de que el pico de corriente perturbe la línea de alimentación o sobrepase el valor de la corriente de cresta que tolera el contactor, es necesario limitarla introduciendo en el circuito inductancias (algunas espiras de cable de sección apropiada) o resistencias que después del pico se dejan fuera de servicio,
– en régimen permanente, además de la corriente nominal absorbida por la batería, las corrientes armónicas circulan dentro del circuito. Como el efecto de estas corrientes es esencialmente térmico, es necesario tenerlas en cuenta para elegir el calibre del contactor,
– para favorecer la descarga de los condensadores al desconectarlas y evitar oposiciones de fase durante las operaciones posteriores, en el momento en que se abre el contactor de línea se insertan automáticamente unas resistencias en las bornas de la batería que, además, garantizan la seguridad del personal, por lo que es necesario comprobar el circuito periódicamente.

♦ Ejemplo 1

U = 400 V trifásico
1 escalón de compensación de 22 kVAr

$$I = \frac{Q}{U\sqrt{3}} = \frac{22.000}{400 \times 1{,}732} \approx 32 \text{ A}$$

Las normas sobre condensadores recomiendan utilizar un contactor con una corriente térmica en AC-1 igual a 1,43 veces la corriente de empleo.
Utilizar un contactor con una corriente de empleo $\geq 32 \times 1{,}43 = 46$ A en categoría de empleo AC-1 a 55 °C, es decir, un LC1 D40.



Acoplamiento de condensadores

♦ Ejemplo 2

U = 400 V trifásico
4 escalones de compensación de 22 kW cada uno
Utilizar un contactor específico con resistencias de amortiguación, es decir, un LC1 DPK12.

Elección de un contactor para un motor asíncrono de jaula Corte con motor lanzado

Esta es la aplicación más frecuente.
El funcionamiento pertenece a la categoría de empleo AC-3.
Esta aplicación puede tener un número elevado de ciclos de maniobras (1).
No es necesario tener en cuenta el pico de corriente en el arranque, ya siempre es inferior al poder asignado de cierre del contactor (2).
Los contactores elegidos para estos servicios toleran sin peligro un deterioro del 0,5 % de los ciclos de maniobras con corte de motor calado: golpeteo (3), régimen AC-4 accidental.

♦ Ejemplo

U = 400 V trifásico
P = 22 kW
I empleo = 42 A
I cortada = 42 A

El contactor será un LC1 D50. Según la tabla de durabilidad en AC-3, este contactor puede realizar 1,7 millones de ciclos de maniobras.

(1) En caso de arranques largos y reiterados, será necesario tener en cuenta el calentamiento térmico de los polos.

(2) Las normas sobre contactores determinan el poder asignado de corte y de cierre de cada contactor en función de la corriente asignada de empleo. Lo mismo sucede con los circuitos de carga para establecer la durabilidad eléctrica. Gracias a esta normalización, el usuario puede elegir fácilmente el calibre del contactor para las condiciones de utilización más habituales.

(3) Alimentación muy rápida del motor para realizar, por ejemplo, breves desplazamientos. El motor se separa de la red durante el arranque, por lo que la corriente que hay que cortar es mayor que durante un corte con motor lanzado.

Elección de un contactor para un motor asíncrono de jaula o de anillos Corte durante el arranque o el frenado

Las categorías de empleo correspondientes a los motores de anillos y de jaula son, respectivamente, AC-2 y AC-4.
Esta aplicación tiene un número elevado de ciclos de maniobras.
La corriente que hay que cortar es muy elevada. Con cada corte, el arco que se origina entre los contactos destruye una mínima parte del metal noble con el que están fabricados. El desgaste es más rápido que en la categoría AC-3.
Para conseguir una mayor durabilidad (1) en función de la potencia cortada, hay que elegir un contactor de mayor calibre.

♦ Ejemplo

U = 400 V trifásica
P = 22 kW
I de empleo = 42 A
I cortada = 2,5 Ie, es decir, 105 A en AC-2
= 6 Ie, es decir, 252 A en AC-4.

Motor de jaula

La tabla de durabilidad eléctrica en AC-2 y AC-4 establece, para 1 millón de ciclos de maniobras y una corriente cortada de 252 A, un contactor LC1 F265 (ver el catálogo Telemecanique).

Motor de anillos

En este caso, para 1 millón de ciclos de maniobras y una corriente cortada de 105 A, la misma tabla establece un contactor LC1 F115 (ver el catálogo Telemecanique).

En la práctica, los motores nunca se utilizan en las condiciones de la categoría AC-4 que define la norma. En efecto, las principales utilizaciones en estas condiciones difíciles se pueden descomponer en cortes, con una corriente media de 4 Ie y el resto en AC-3. Por otra parte, con 1.000 conmutaciones diarias durante 300 días al año hay que prever que será necesario inspeccionarlos o sustituirlos sistemáticamente cada 3 años solamente. Todas estas observaciones, basadas en las condiciones de empleo reales, demuestran que las elecciones anteriormente indicadas se refieren a condiciones extremas.

Elección de un contactor para cortocircuitar resistencias estatóricas

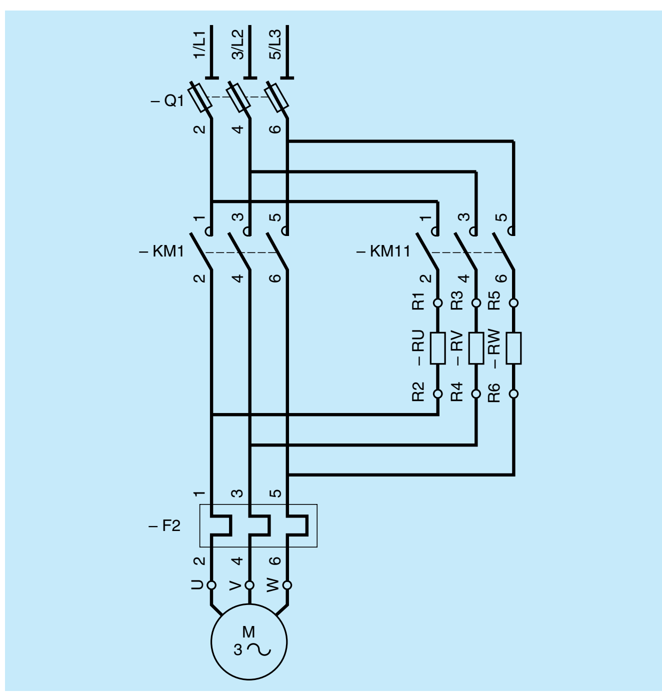
El siguiente esquema es un ejemplo de utilización del contactor KM11 para incluir en el circuito la resistencia de arranque con una corriente superior a la admitida en AC-3. Al final del arranque, el contactor KM1 cortocircuita KM11 y R. En estas condiciones, la corriente atraviesa el contactor KM11 solamente durante el tiempo que dura el arranque.

♦ Ejemplo

U = 400 V trifásica
P = 22 kW
I empleo = 42 A
I arranque = 4 In

Características del arranque:
– motor bajo tensión durante 15 minutos por hora,
– duración del arranque 5 segundos.
La corriente de pico es de 42 × 4 = 168 A.

Si comprobamos en la tabla de la página 60 la corriente temporal admisible, vemos que el contactor LC1 D18 tolera una corriente de 185 A durante 5 s. Resulta pues muy apropiado, especialmente si tenemos en cuenta que tiene un poder asignado de cierre (300 A) superior al del pico de corriente de arranque, de 168 A.
El contactor KM1 utilizado en categoría AC-3 se elige utilizando la tabla de la página 61. El contactor LC1 D50 es válido para una durabilidad eléctrica de 2 millones de ciclos de maniobras.



Esquema de un contactor estatórico

(1) *Durabilidad de un contactor = durabilidad eléctrica en función de la corriente cortada dividida por el número de ciclos de maniobras por hora × el número de horas de trabajo mensuales × el número de meses de trabajo anuales.*

Ejemplo: $\frac{2.200.000}{50 \times 200 \times 11} = 20$ *años*

(2) *La corriente térmica equivalente es la corriente que provoca la misma subida de temperatura que la corriente de pico en cuestión.*

Elección de un contactor para cortocircuitar automáticamente las resistencias rotóricas

Pueden darse dos casos:

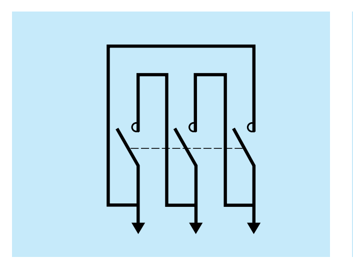
Motores sin funcionamiento por impulsos
(ni funcionamiento a velocidad reducida: arranque de bombas, ventiladores, transportadores, compresores, etc.)

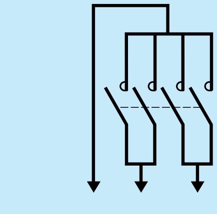
Este es el caso más habitual.
Los contactores rotóricos, esclavos del contactor estatórico, sólo se abren después de que lo haga éste, cuando la tensión rotórica ha desaparecido total o parcialmente.
Establecen la corriente que corresponde al pico de arranque. Este pico, elegido en función de la aplicación, depende del valor óhmico de las secciones de las resistencias introducidas en el circuito rotórico. No disminuye hasta que aumenta el tiempo de arranque. Por otra parte, el valor elegido es menor cuanto menor sea el par resistente de la máquina. En la práctica, los valores más habituales varían entre 1,5 y 2,5 veces la corriente nominal rotórica.
Esta utilización se caracteriza por la facilidad de cierre y de apertura.
Sólo hay que tener en cuenta los efectos térmicos del paso de corriente.
Cuando existen varios contactores de cortocircuitado, aquellos cuyo tiempo no es igual al del último tienen un factor de marcha menor (en este caso, el factor de marcha equivale a la relación entre el tiempo de paso de corriente en el contactor en cuestión y el intervalo de tiempo entre dos arranques consecutivos). Esta circunstancia determina que la corriente que pasa durante un tiempo limitado puede ser excesiva para los contactores en servicio permanente (ver la columna "corriente temporal admisible" en la tabla de la página 60). Por el contrario, el último contactor, encargado de cortocircuitar directamente los anillos del rotor, deberá tener capacidad para funcionar en servicio permanente o, al menos, el mismo factor de marcha que el motor.
Con un contactor tetrapolar se puede aumentar la relación en 1,6 veces la corriente admitida en cortocircuitado bipolar. Si se conectan en triángulo los polos de un contactor tripolar, la corriente disminuye $1/\sqrt{3}$ veces la corriente de fase en cada polo (como si se adoptara un coeficiente próximo a 1/1,4).

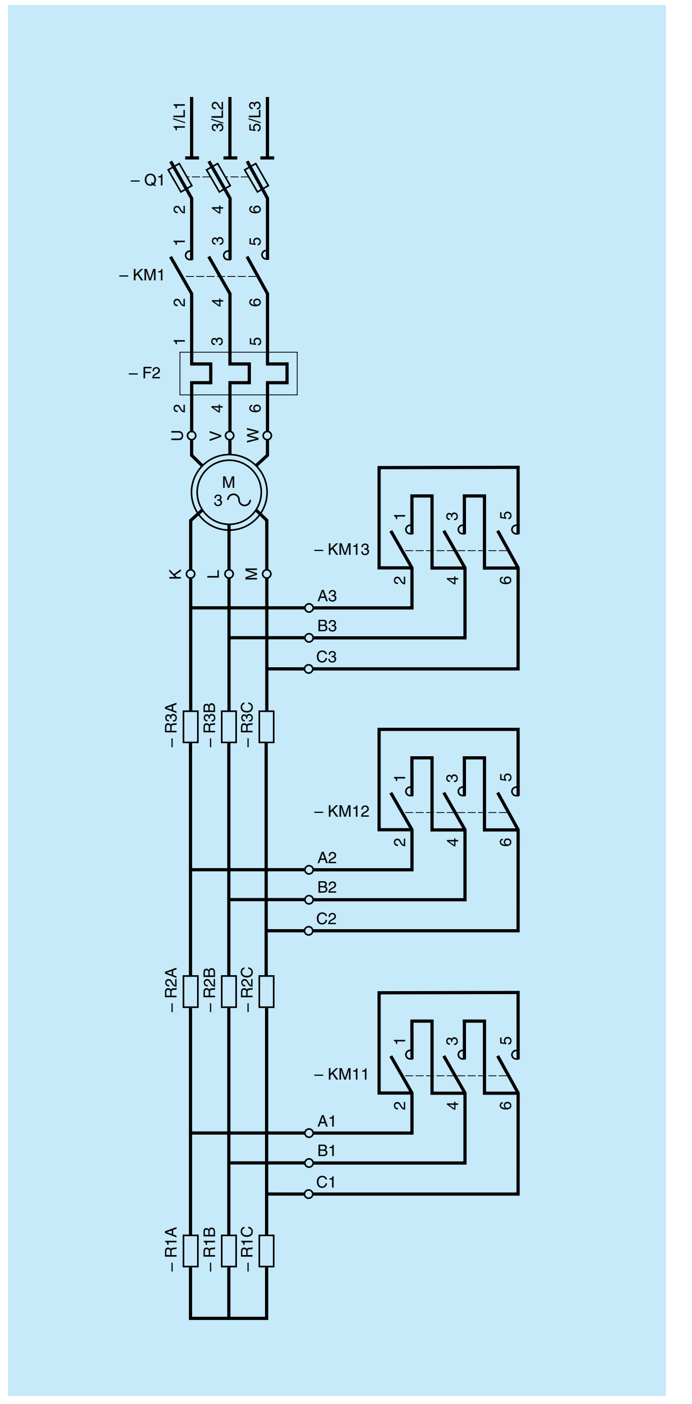
♦ Ejemplo

U = 400 V trifásica
P = 22 kW
Velocidad nominal = 1.000 rpm
Corriente estatórica = 42 A
Tensión rotórica = 245 V
Corriente rotórica = 56 A
Pico de arranque = 2 In
Servicio permanente
Número de arranques/hora = 4, entre ellos 2 consecutivos
Número de tiempos de arranque = 4
Duración del arranque = 15 s

Corriente térmica equivalente al rotor durante el arranque
La corriente varía entre 1 y 2 In, es decir:
I media = 1,5 In = 56 × 1,5 = 84 A


Contactor tripolar


Contactor tetrapolar



Arrancador rotórico de 4 tiempos y contactores de cortocircuitado tripolares

Elección del contactor estatórico
Para una corriente nominal de 42 A en categoría AC-3, la tabla de la página 60 establece un contactor LC1 D50.

Elección de los contactores rotóricos intermedios
– tripolares (montaje en triángulo)
84/1,4 ≈ 60 A durante 15 × 2 = 30 s (2 arranques consecutivos).
Para un contactor previsto para 9 A (LC1 D09) en AC-3 y 25 A en AC-1, la tabla de la página 60 establece una corriente temporal de 76 A.
– tetrapolares (montaje en W)
Para una corriente térmica de 84 A, la utilización de un contactor tetrapolar que reduzca la corriente en cada polo a 84/1,6 ≈ 53 A, no supondría ninguna ventaja, ya que el contactor LC1 D09 es el más pequeño de la gama.

Elección del contactor de cortocircuitado directo (último tiempo de arranque)
– tripolar (montaje en triángulo)
56 A / 1,4 ≈ 40 A en servicio permanente. Para esta corriente, la tabla de la página 60 establece un contactor 40 A en la categoría AC-1 (que corresponde a 25 A en la categoría AC-3), es decir, un LC1 D25.
– tetrapolar (montaje en W)
La corriente por polo se reduce a 56/1,6 ≈ 35 A, por lo que se debe elegir un LC1 D25.

Motores de funcionamiento intermitente

Esta es una aplicación más compleja. En efecto, durante los funcionamientos por impulsos o frenados a contracorriente que determinan los tipos de servicio S4 y S5 (1), los contactores rotóricos se utilizan para cortar la corriente. Por lo tanto, no sólo deben cumplir los criterios de calentamiento, como en el caso anterior, sino tener la durabilidad que fije el usuario.
Los contactores se eligen en función de la frecuencia de maniobras, del servicio y de la durabilidad deseada, por lo que se recomienda consultar con los servicios especializados.

(1) según la norma NF C 51-157

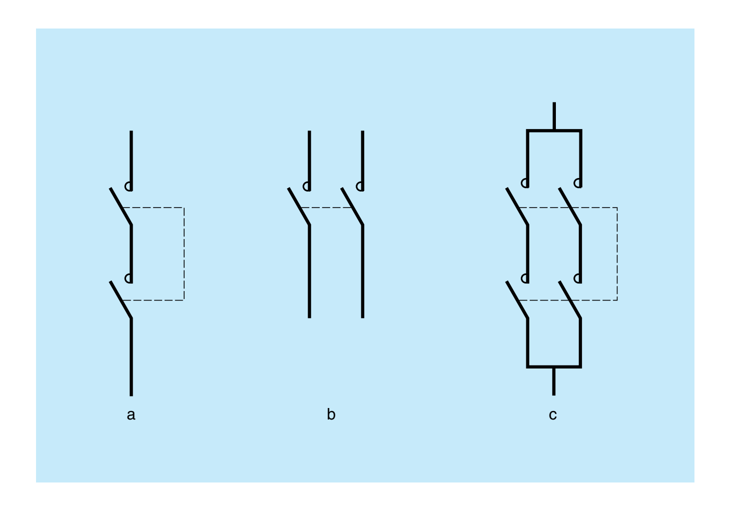
S4 - Servicio intermitente periódico de arranque
Se compone de una serie de ciclos idénticos formados cada uno por un tiempo de arranque considerable, un tiempo de funcionamiento en régimen constante y un tiempo de reposo. El motor se detiene por ralentizamiento natural después de cortar la corriente o frenando con un freno mecánico que no recaliente demasiado los devanados.
El servicio S4 se define a través del factor de marcha de cada ciclo y el número de arranques que se producen en un tiempo determinado (preferiblemente 1 hora). Hay que precisar, además, el régimen y la duración del arranque.
S5 - Servicio intermitente periódico con frenado eléctrico
Se compone de una serie de ciclos idénticos formados cada uno por un tiempo de arranque, un tiempo de funcionamiento en régimen constante, un tiempo de frenado eléctrico rápido y un tiempo de reposo.
El servicio S5 se define como un servicio S4 indicando, además, el régimen y la duración del frenado. Durante los ciclos también se pueden producir impulsos, es decir, arranques incompletos.

Elección de un contactor para un circuito de potencia en corriente continua

En corriente continua no basta con determinar el tamaño del contactor, sino que también hay que determinar el número de polos conectados en serie. Los criterios de elección son:
– la corriente asignada de empleo Ie,
– la tensión asignada de empleo Ue,
– la categoría de empleo y la constante de tiempo L/R,
– la durabilidad eléctrica dependiente de la potencia efectivamente cortada, cuando sea necesario.

Elección del contactor
El número de polos que se conectan en serie con una tensión determinada depende del tipo de contactor. Utilice las tablas del catálogo publicado por Telemecanique, donde figuran las características de los contactores comercializados en el momento en que realice la elección.
Los polos conectados en serie se pueden instalar en una única polaridad *(esquema a)* o repartidos entre las dos *(esquema b)*.
El calibre del contactor que fija la corriente de empleo Ie se establece en función de la corriente I y de la constante de tiempo del circuito:
– sólo polos en serie: Ie ≥ I *(esquema a),*
– sustitución de cada polo en serie por n polos en paralelo, n Ie × 0,8 ≥ 1 *(esquema c).*

Durabilidad eléctrica
Depende de la potencia cortada.
La durabilidad eléctrica deseada se puede conseguir, según el caso, aumentando el número de polos en serie o en paralelo, o aumentando el calibre del contactor.



1

Características

Alimentación del circuito de control: corriente alterna

Contactores			LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D40	LC1-D50	LC1-D65	LC1-D80	LC1-D95
Número de polos			3	3-4	3	3-4	3	3-4	3	3-4	3-4	3
Corriente asignada de empleo (Ie) (U ≤ 440 V)	En AC-3, θ ≤ 55 °C	**A**	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
	En AC-1, θ ≤ 40 °C	**A**	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
Poder asignado de cierre		**A**	250	250	300	450	550	800	900	1.000	1.100	1.200
Poder asignado de corte	220-380-415-440 V	**A**	250	250	300	450	550	800	900	1.000	1.100	1.100
	500 V	**A**	175	175	250	400	450	800	900	1.000	1.000	1.100
	660 V-690 V	**A**	85	85	120	180	180	400	500	630	640	640
Corriente temporal admisible	Durante 1 s	**A**	210	210	240	380	430	720	810	900	990	990
en caso de corriente nula	Durante 5 s	**A**	130	130	185	290	340	420	520	660	800	800
durante los 15 min previos	Durante 10 s	**A**	105	105	145	240	260	320	400	520	640	640
con θ ≤ 40 °C	Durante 30 s	**A**	76	76	105	155	175	215	275	340	420	420
	Durante 1 min	**A**	61	61	84	120	138	165	208	260	320	320
	Durante 3 min	**A**	44	44	58	80	92	110	145	175	210	210
	Durante 10 min	**A**	30	30	40	50	60	72	84	110	135	135
Protección por fusibles	Circuito motor (aM)	**A**	12	16	20	40	40	40	63	80	80	100
contra los cortocircuitos	Con relé térmico (gG)	**A**	20	25	35	63	80	100	100	100	125	160
U ≤ 440 V	Sin motor (gG)	**A**	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125

Guía de elección

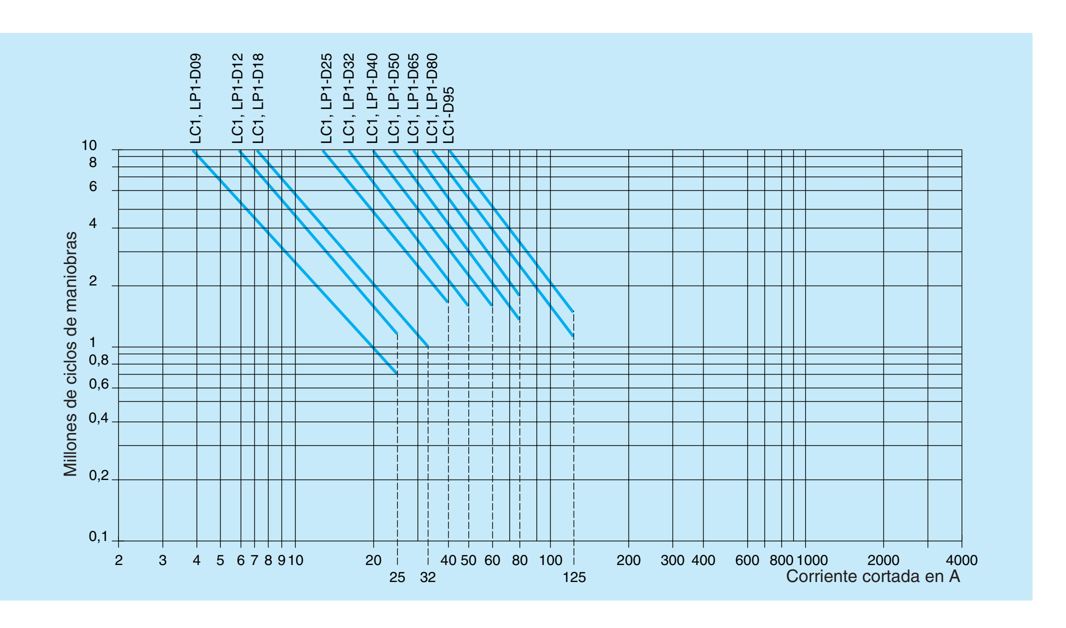
	Contactores			LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D40	LC1-D50	LC1-D65	LC1-D80	LC1-D95
Empleo en categoría AC-1	**Corriente de empleo máxima** según IEC 947-1 (para una frecuencia de 600 ciclos de maniobras por hora)												
	Con cable de sección		**mm²**	4	4	6	6	10	16	25	25	50	50
	Corriente de empleo según la temperatura ambiente	≤ 40 °C	**A**	25	25	32	32	50	60	80	80	125	125
		≤ 55 °C	**A**	20	20	26	26	44	55	70	70	100	100
		≤ 70 °C	**A**	17	17	22	22	35	42	56	56	80	80
	Aumento de la corriente de empleo por conexión en paralelo de los polos												
	Aplicar a las corrientes que figuran a continuación los siguientes coeficientes, que tienen en cuenta el reparto a menudo desigual entre los polos:												
	2 polos en paralelo: K = 1,6	3 polos en paralelo: K = 2,25	4 polos en paralelo: K = 2,8										
Empleo en categoría AC-3	**Corriente y potencia de empleo** (temperatura ambiente ≤ 55 °C)												
	Corriente de empleo máxima	≤ 440 V	**A**	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
	Potencia nominal de empleo P (potencias normalizadas de los motores)	220/230 V	**kW**	8,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
		240 V	**kW**	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
		380/400 V	**kW**	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
		415 V	**kW**	4	5,5	9	11	15	22	25	37	45	45
		440 V	**kW**	4	5,5	9	11	15	22	30	37	45	45
		500 V	**kW**	5,5	7,5	10	15	18,5	22	30	37	55	55
		660/690 V	**kW**	5,5	7,5	10	15	18,5	30	33	37	45	45
	Frecuencias máximas de ciclos de maniobras (en función de la potencia de empleo y del factor de marcha) (θ ≤ 55 °C)												
	Factor de marcha	Potencia de empleo											
	≤ 0,85 %	P		1.200	1.200	1.200	1.200	1.000	1.000	1.000	1.000	750	750
		0,5 P		3.000	3.000	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.000	2.000
	≤ 0,25 %	P		1.800	1.800	1.800	1.800	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Empleo en categoría AC-2 y AC-4 (Ue ≤ 690 V)	**Corriente cortada máxima** (en función de la frecuencia máxima de ciclos de maniobras (1) y del factor de marcha) (θ ≤ 55 °C) (2)												
	De 150 y 15% a 300 y 10%		**A**	30	40	45	75	80	110	140	160	200	200
	De 150 y 20% a 600 y 10%		**A**	27	36	40	67	70	96	120	148	170	170
	De 150 y 30% a 1.200 y 10%		**A**	24	30	35	56	60	80	100	132	145	145
	De 150 y 55% a 2.400 y 10%		**A**	19	24	30	45	50	62	80	110	120	120
	De 150 y 85% a 3.600 y 10%		**A**	16	21	25	40	45	53	70	90	100	100

(1) No sobrepasar la frecuencia máxima de ciclos de maniobras mecánicas.
(2) Para las temperatura superiores a 55°C, utilizar en las tablas de elección un valor de la frecuencia máxima de ciclos de maniobras igual al 80% del valor.

Durabilidad eléctrica

Categoría de empleo AC-1 (Ue ≤ 440 V)

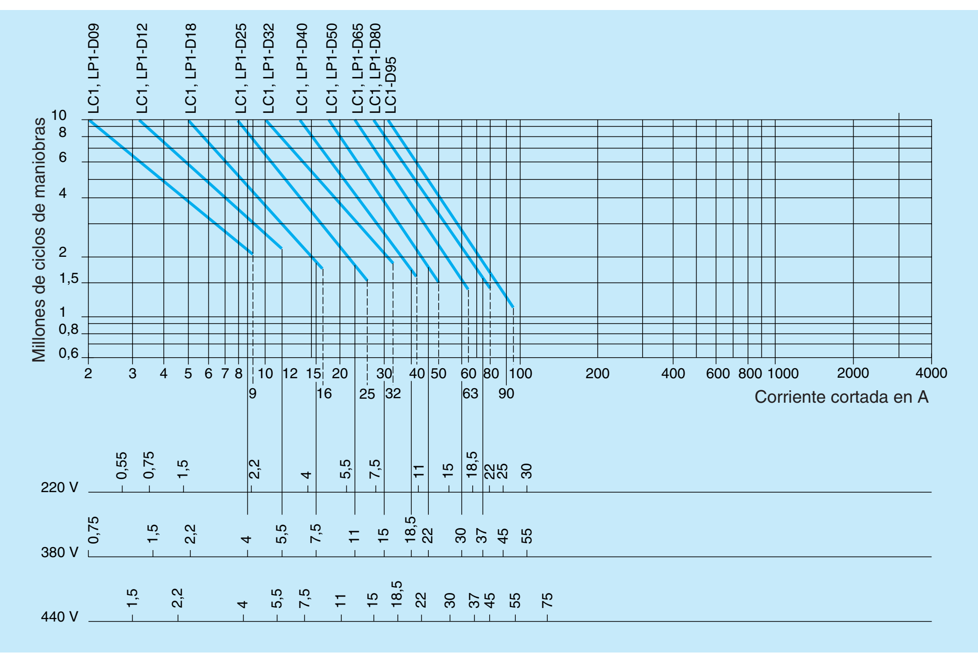
Control de circuitos resistentes (cos φ ≥ 0,95).
La corriente cortada Ic en AC-1 es igual a la corriente Ie que normalmente absorbe la carga.



Durabilidad eléctrica

Categoría de empleo AC-3 (Ue ≤ 440 V)

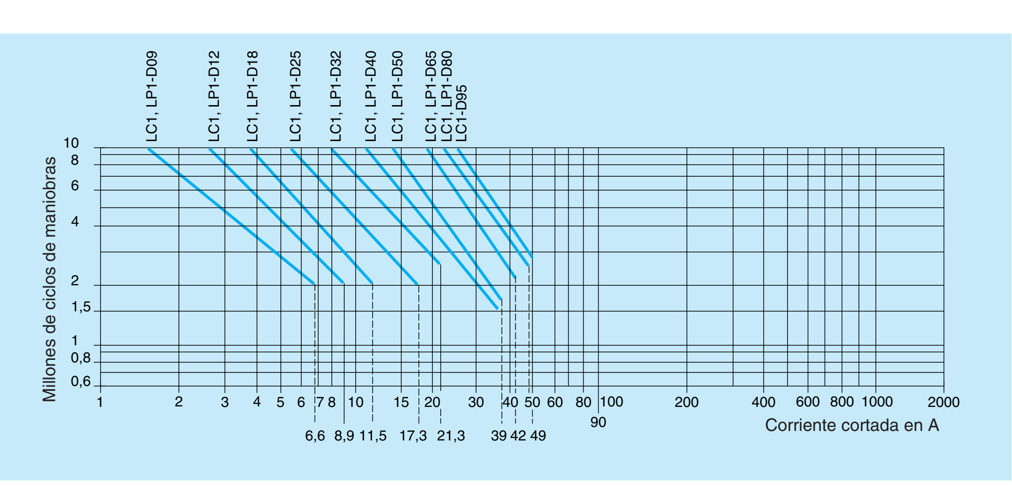
Control de motores trifásicos asíncronos de jaula con corte "motor lanzado".
La corriente cortada en AC-3 es igual a la corriente nominal Ie absorbida por el motor.



Durabilidad eléctrica

Categorías de empleo AC-2, AC-4 (Ue ≤ 440 V)

Control de motores trifásicos asíncronos de jaula (AC-4) o de anillos (AC-2) con corte "motor calado".
La corriente Ic cortada en AC-4 es igual a 6 × Ie. (Ie = corriente nominal absorbida por el motor).



1

Elección de un variador

El número de aplicaciones que requieren el uso de un variador aumenta de manera constante, aunque todavía no alcanza al de aplicaciones que utilizan un contactor.
Para las aplicaciones corrientes, que representan la gran mayoría de los casos, los fabricantes incluyen tablas en sus catálogos que permiten seleccionar y determinar el variador más adecuado.
Dichas tablas corresponden a condiciones ambientales y de funcionamiento normales en base a:
– el tipo del motor que se alimenta, alterno o continuo,
– la tensión de la red,
– la potencia del motor.
En condiciones de funcionamiento difíciles puede ser necesario considerar varias clases de variadores, por ejemplo:
– temperatura ambiente superior a 40 °C,
– altitud superior a 1.000 m, etc.
En otras condiciones de funcionamiento normales, puede ser interesante dividir los tipos de variadores en base a criterios económicos:
– máquinas que funcionan normalmente en vacío,
– máquinas de par resistente cuadrático, etc.
Todos estos datos figuran en los catálogos de los fabricantes.

Elección de un variador para un ventilador

Consideremos la necesidad de controlar un ventilador de velocidad variable, caudal máximo de 50.000 m^3/h, bajo una presión de 245 Pa a una velocidad de 3000 rpm y con un rendimiento de 0,68.

ELECCION DEL MOTOR

Potencia útil máxima absorbida por el ventilador:

$$Pu = \frac{Q \times M \times P}{\eta}$$

Q = caudal de aire en m^3/s
M = masa del aire = 1,293 kg/m^3
P = presión en Pa o N/m^2

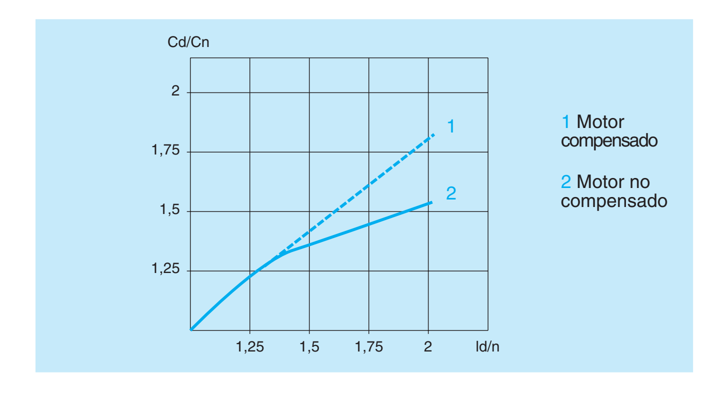
$$Pu = \frac{50.000 \times 1{,}293 \times 245}{3.600 \times 0{,}68} = 6.470 \text{ W}$$

ELECCION DEL VARIADOR

El uso de un convertidor de frecuencia de tipo Altivar para alimentar el motor obliga a rebajar a 0,9 la velocidad que se considera.

$$Pm = \frac{Pu}{0{,}9} = \frac{6.470}{0{,}9} = 7.188 \text{ W}$$

es decir, un motor normalizado de 7,5 kW.
Se optará por el calibre del variador más próximo por exceso, en este caso, un Altivar de 7,5 kW, de referencia ATV-18D12N4.



Elección de un variador para un transportador de bandas

Un transportador de bandas, cuya carga es prácticamente constante, debe funcionar dentro de una gama de velocidad de 1 a 3, lo que corresponde a una velocidad del motor de 480 a 1.440 rpm. El par resistente devuelto al motor es de 7 Nm.

P útil necesaria para el transportador:

$$C\ \omega n = \frac{C\ 2\ \pi\ N}{60} = \frac{7 \times 6{,}28 \times 1.440}{60} = 1.055\ W$$

P útil que debe suministrar el motor:

$$\frac{P\ motor}{\eta\ reductor} = \frac{1.055}{0{,}9} = 1.180\ W$$

Cálculo de la frecuencia a baja velocidad

para 480 rpm, $f = \frac{50}{3} = 17\ Hz$

Debe aplicarse el

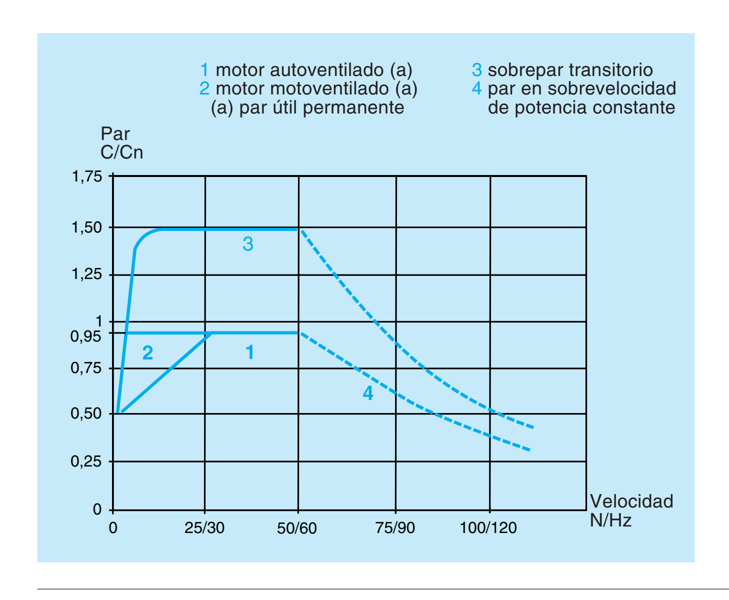
En la siguiente curva de par, debe tenerse en cuenta la rebaja de 0,8.

Potencia del motor

$$P = \frac{1.180}{0{,}8} = 1.475\ W$$

ELECCION DEL MOTOR Y DEL VARIADOR

Se optará por un motor estándar de potencia inmediatamente superior a 1.475 W, es decir 1,5 kW.
El variador de velocidad será un Altivar de 1,5 kW, de referencia ATV-18U29N4. En el caso de necesitar algunas opciones no disponibles en este equipo se podría optar por el ATV-58HUN4.



1

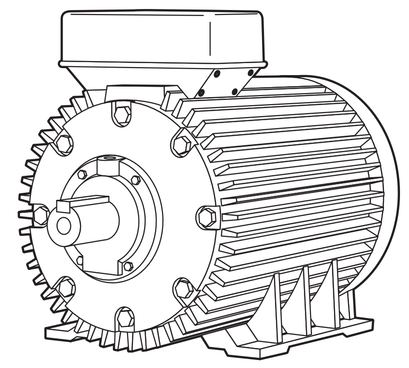
Elección de un dispositivo de protección

La siguiente tabla sintetiza toda la información sobre protección ofrecida en este capítulo. Permite tener una visión global de las posibilidades de cada dispositivo, aunque para aplicaciones concretas se recomienda consultar los artículos correspondientes y los catálogos de los fabricantes.

	Protección contra las sobrecargas		**Protección contra los cortocircuitos**	**Protección del personal, aislamiento**	**Protección contra el funcionamiento monofásico**	**Protección de motores de gran inercia**
Dispositivos de protección	Línea	Receptor				
Fusibles gG	Sí	No	Sí	Sí	No	No
Fusibles aM	No	Sí	Sí	Sí	No	No
Seccionadores*	No	No	No	Sí	No	No
Seccionadores portafusibles gG*	Sí	No	Sí	Sí	Sí **	No
Seccionadores portafusibles aM*	No	Sí	Sí	Sí	Sí **	No
Interruptores-seccionadores	No	No	No	Sí	No	No
Disyuntores magnetotérmicos GB2	Sí	No	Sí	Sí	No	No
Relés térmicos	Sí	Sí protección indirecta	No	No	Sí	No salvo TC saturables
Dispositivos de sondas	No	Sí protección directa	No	No	Sí	Sí
Relés magnéticos RMI	Sí *** fuertes sobrecargas	Sí *** fuertes sobrecargas	Sí ***	No	No	No
Disyuntores-motores	Sí	Sí protección indirecta	Sí	Sí en determinadas condiciones	Sí magneto-térmicos	No
Disyuntores magnéticos	No	No	Sí	No	No	No
Contactores-disyuntores	Sí	Sí protección indirecta	Sí	Sí	Sí	Sí
Contactores-disyuntores de instalación	Sí	Sí salvo motores	Sí	Sí	No	No

* Estos aparatos deben funcionar en vacío y no en carga.
** En caso de que la fusión de un fusible provoque un funcionamiento monofásico y el aparato disponga de una protección contra el funcionamiento monofásico.
*** En caso de asociación con un contactor con un poder de corte suficiente.

Capítulo 2



Las fábricas industriales y las instalaciones terciarias requieren una gran cantidad de maquinaria alimentada por distintas energías. No obstante, la energía eléctrica es preponderante, ya que, por razones técnicas y económicas, la mayoría de los dispositivos mecánicos que se emplean en los sectores industrial y terciario se accionan mediante motores eléctricos.

Los motores asíncronos trifásicos son los más utilizados, especialmente los motores de jaula. No obstante, los motores asíncronos de anillos o asíncronos monofásicos se adaptan perfectamente a ciertas aplicaciones. El uso de motores de corriente continua tiende a disminuir, salvo en el campo de los micromotores, en el que mantiene la supremacía. El control de motores asíncronos por equipos de contactores es perfectamente adecuado para una amplia gama de aplicaciones. Sin embargo, la progresión del uso de materiales electrónicos es constante: arrancadores ralentizadores progresivos para controlar el arranque y la parada, variadores reguladores de velocidad cuando es igualmente necesario regular la velocidad con precisión.

Motores eléctricos

Motores asíncronos trifásicos

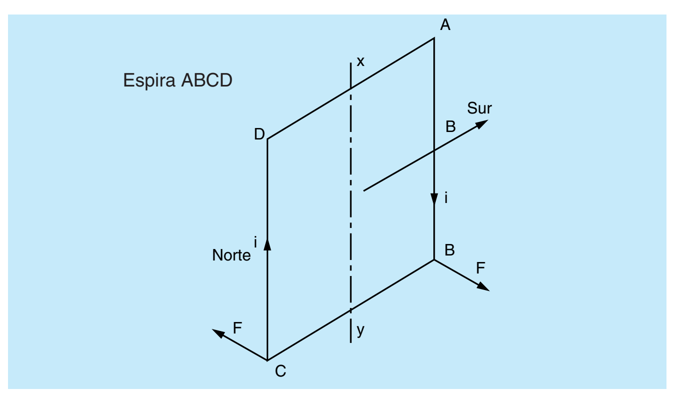
Los motores asíncronos trifásicos de jaula se encuentran entre los más utilizados para el accionamiento de máquinas. El uso de estos motores se impone en la mayoría de las aplicaciones debido a las ventajas que conllevan: robustez, sencillez de mantenimiento, facilidad de instalación, bajo coste.
Es indispensable recordar los principios de funcionamiento y de fabricación de estos motores, así como describir y comparar los principales dispositivos de arranque, regulación de velocidad y frenado que se utilizan con ellos.

Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento de un motor asíncrono se basa en la creación de corriente inducida en un conductor cuando éste corta las líneas de fuerza de un campo magnético, de donde proviene el nombre “motor de inducción”.
Imagine una espira ABCD en cortocircuito situada en un campo magnético B y móvil alrededor de un eje xy.
Si se hace girar el campo magnético en el sentido de las agujas del reloj, la espira queda sometida a un flujo variable y se convierte en el soporte de una fuerza electromotriz inducida que origina una corriente inducida **i** (ley de Faraday).
Es posible definir el sentido de la corriente de los conductores activos AB y CD mediante la aplicación de la regla de los tres dedos de la mano izquierda. La corriente inducida circula de A a B en el conductor AB y de C a D en el conductor CD.
Según la ley de Lenz, el sentido de la corriente es tal que se opone por su acción electromagnética a su causa de origen. Cada uno de los dos conductores se somete por tanto a una fuerza F, en sentido opuesto a su desplazamiento relativo con respecto al campo inductor.
La regla de los tres dedos de la mano derecha (acción del campo sobre una corriente) permite definir fácilmente el sentido de la fuerza F que se aplica a cada conductor. El pulgar se sitúa en el sentido del campo del inductor. El índice indica el sentido de la fuerza. El dedo del corazón se sitúa en el sentido de la corriente inducida. Por tanto, la espira se somete a un par que provoca su rotación en el mismo sentido que el campo inductor, denominado campo giratorio.

Creación del campo giratorio

Tres devanados, con un decalado geométrico de 120°, se alimentan de sendas fases de una red trifásica alterna. Los devanados reciben corrientes alternas de idéntico decalado eléctrico que producen un campo magnético alterno sinusoidal. Dicho campo, siempre dirigido en base al mismo eje, alcanza el máximo cuando la corriente del devanado es máxima.
El campo que genera cada devanado es el resultado de dos campos que giran en sentido inverso y cuyo valor constante



Creación de una corriente inducida en una espira en cortocircuito

equivale a la mitad del valor del campo máximo. En un momento dado t1 del período, los campos que produce cada devanado pueden representarse de la siguiente manera:
– el campo H1 disminuye. Los 2 campos que lo componen tienden a alejarse del eje OH1,
– el campo H2 aumenta. Los 2 campos que lo componen tienden a aproximarse al eje OH2,
– el campo H3 aumenta. Los dos campos que lo componen tienden a aproximarse al eje OH3.
El flujo correspondiente a la fase 3 es negativo. Por tanto, el sentido del campo es opuesto al de la bobina.
La superposición de los tres diagramas permite constatar lo siguiente:
– los tres campos que giran en el sentido inverso al de las agujas del reloj están decalados de 120° y se anulan,
– los tres campos que giran en el sentido de las agujas del reloj se superponen. Estos campos se suman y forman el campo giratorio de amplitud constante 3Hmax/2 de 2 polos. Este campo completa una vuelta por cada período de corriente de alimentación. Su velocidad es una función de la frecuencia de la red (f) y del número de pares de polos (p). Se denomina “velocidad de sincronización” y se obtiene mediante la fórmula:

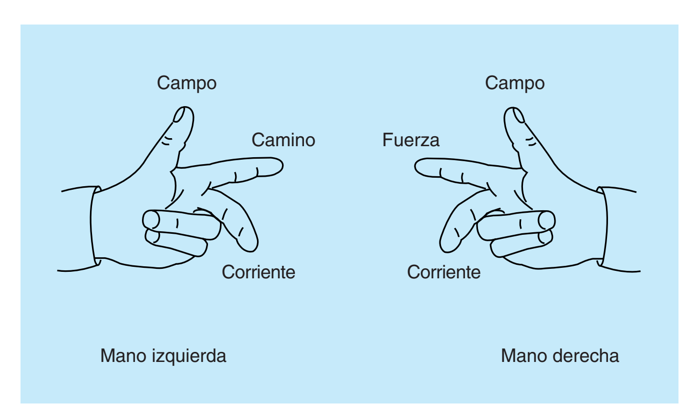
$Ns = \frac{60\ f}{p}$ en vueltas por minuto

Deslizamiento

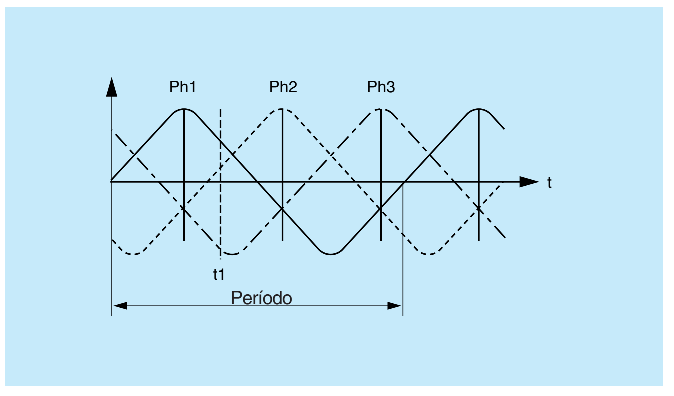
El par motor sólo puede existir cuando una corriente inducida circula por la espira. Para ello es necesario que exista un movimiento relativo entre los conductores activos y el campo giratorio. Por tanto, la espira debe girar a una velocidad inferior a la de sincronización, lo que explica que un motor eléctrico basado en el principio anteriormente descrito se denomine “motor asíncrono”. La diferencia entre la velocidad de sincronización y la de la espira se denomina “deslizamiento” y se expresa en %.

$$g = \frac{Ns - N}{Ns} \times 100$$

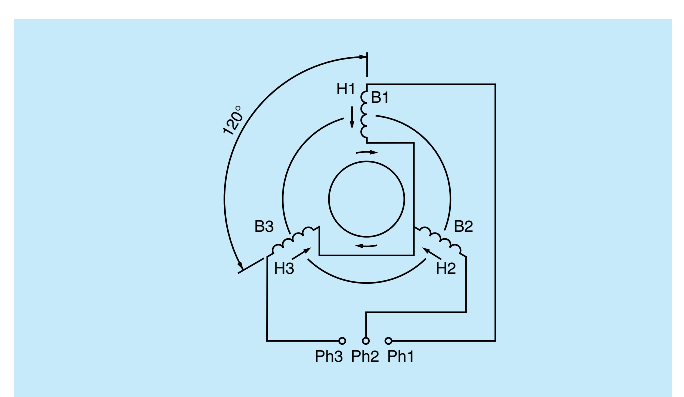
El deslizamiento en régimen estable varía en función de la carga del motor. Su fuerza disminuye o aumenta cuando el motor está subcargado o sobrecargado.



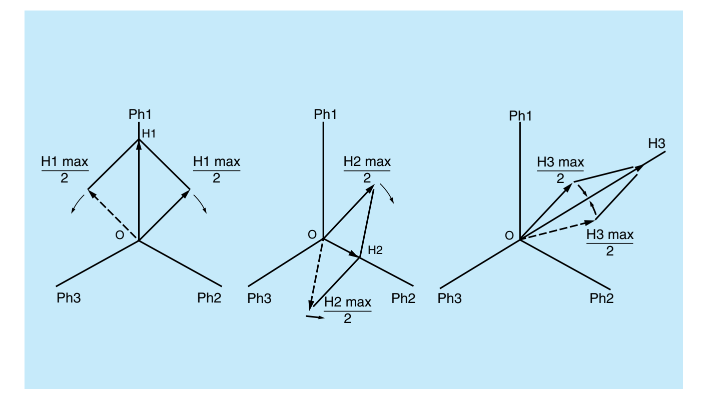
Reglas de los tres dedos



Red trifásica alterna



Principio de un motor asíncrono trifásico



Campos generados por las tres fases

2

Composición

Un motor asíncrono trifásico consta de dos partes principales:
– un inductor, o estator,
– un inducido, o rotor.

El estator

Es la parte fija del motor. Una carcasa de metal fundido o de aleación ligera encierra una corona de chapas delgadas (del orden de 0,5 mm de espesor) de acero al silicio. Las chapas quedan aisladas entre sí por oxidación o por barniz aislante. La “foliación” del circuito magnético reduce las pérdidas por histéresis y por corrientes de Foucault.
Las chapas disponen de ranuras en las que se sitúan los devanados estatóricos que producen el campo giratorio (tres devanados en el caso de un motor trifásico). Cada devanado se compone de varias bobinas. El modo de acoplamiento de las bobinas entre sí determina el número de pares de polos del motor y, por tanto, la velocidad de rotación.

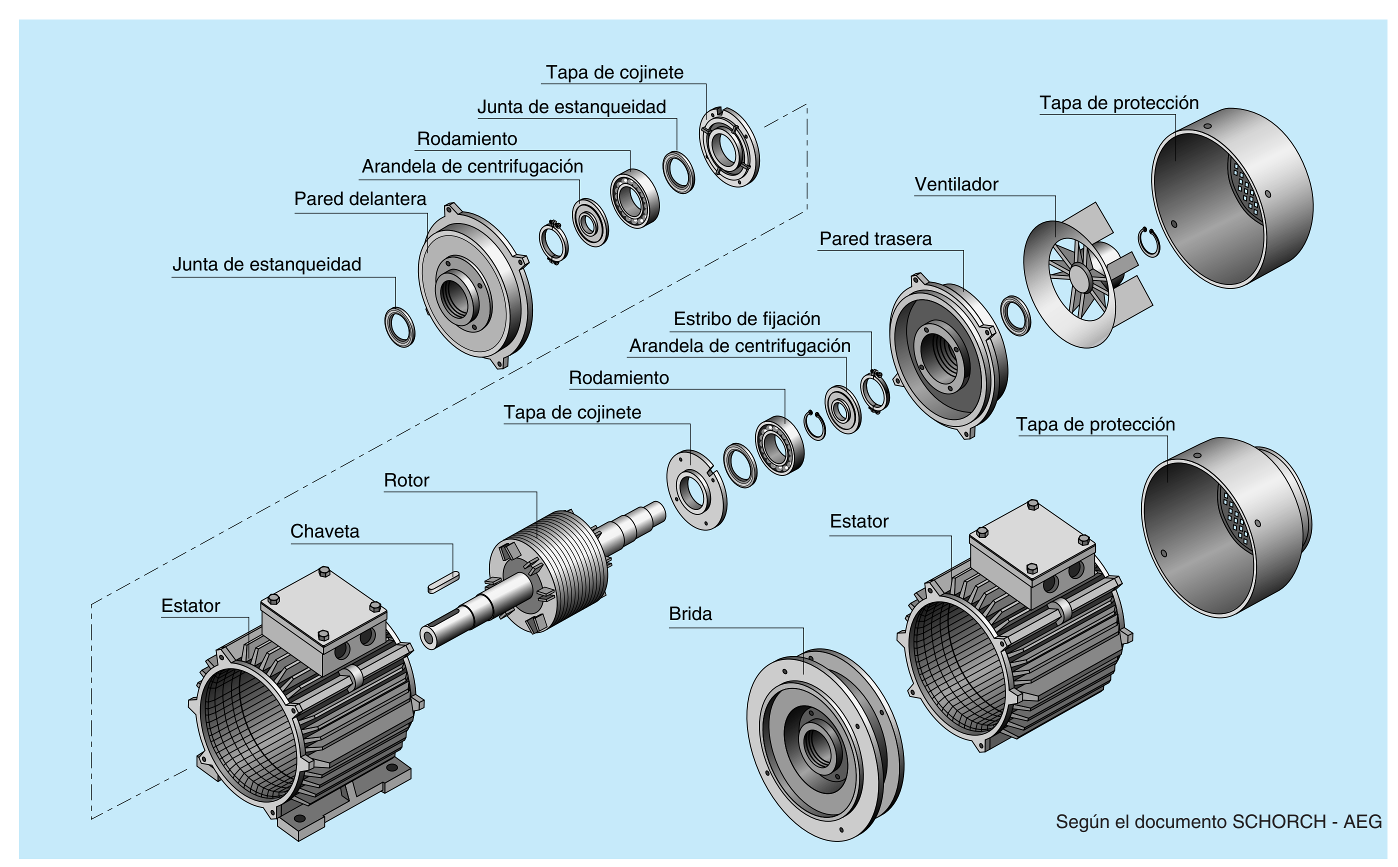
El rotor

Es la parte móvil del motor. Al igual que el circuito magnético del estator, se compone de un apilamiento de chapas delgadas aisladas entre sí que forman un cilindro enchavetado sobre el eje del motor.

ROTOR DE JAULA

Rotor de jaula simple

Existen unos taladros o ranuras ubicados hacia el exterior del cilindro en los que se sitúan los conductores conectados a cada extremidad por medio de una corona metálica y sobre los que se aplica el par motor que genera el campo giratorio. Los conductores se inclinan ligeramente con respecto al eje del motor para que el par sea regular. El conjunto tiene el aspecto de una jaula, lo que explica el nombre de este tipo de rotor.
En motores pequeños, la jaula está totalmente moldeada. Normalmente, se utiliza aluminio inyectado a presión. Las aletas de refrigeración, coladas durante la misma operación, hacen masa con el rotor.
El par de arranque de estos motores es relativamente débil y la corriente que se absorbe durante la puesta bajo tensión es muy superior a la corriente nominal.



Componentes de un motor asíncrono trifásico de jaula

Rotor de doble jaula

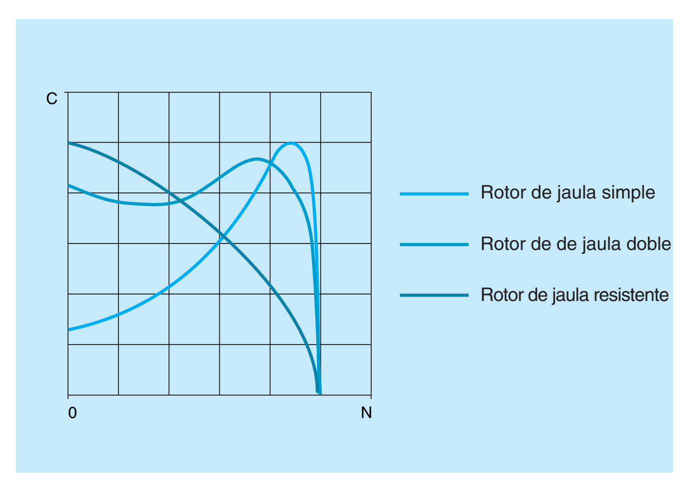
Este es el tipo de rotor más utilizado.
Consta de dos jaulas concéntricas, una exterior de gran resistencia y otra interior más débil. Al iniciarse el arranque, dado que el flujo es de elevada frecuencia, las corrientes inducidas se oponen a su penetración en la jaula interior.
El par que produce la jaula exterior resistente es importante y se reduce la corriente solicitada.
Al finalizar el arranque, la frecuencia disminuye en el rotor y se facilita el paso del flujo a través de la jaula interior.
El motor pasa a comportarse como si constara de una sola jaula poco resistente.
En régimen estable, la velocidad sólo es ligeramente inferior a la del motor de jaula simple.

Rotor de jaula resistente

El rotor resistente existe principalmente en jaula simple. En general, la jaula queda cerrada por dos anillos de acero inoxidable resistente. Ciertos motores son de tipo motoventilado.
El rendimiento de los motores de jaula resistente es inferior, pero la variación de la velocidad puede obtenerse alterando únicamente la tensión. Por lo demás, su par de arranque es bueno.

EL ROTOR BOBINA (ROTOR DE ANILLOS)

Unos devanados idénticos a los del estator se sitúan en las ranuras de la periferia del rotor, que generalmente es trifásico.
Una de las extremidades de cada uno de los devanados está unida a un punto común (acoplamiento en estrella). Las extremidades libres pueden conectarse a un acoplador centrífugo o a tres anillos de cobre aislados y solidarios del rotor.
Varias escobillas de grafito conectadas al dispositivo de arranque frotan los anillos. Dependiendo del valor de las resistencias insertadas en el circuito rotórico, este tipo de motor puede desarrollar un par de arranque que alcanza 2,5 veces el valor del par nominal. La punta de corriente durante el arranque es prácticamente igual a la del par.



Curvas de par/velocidad de los distintos rotores de jaula (a Uno)

Consecuencias de la variación de tensión

Velocidad

Las variaciones de tensión no alteran la velocidad de sincronización.
Sin embargo, los aumentos de tensión implican la disminución del deslizamiento en el caso de un motor en carga. Este fenómeno queda limitado por la saturación de la máquina. Por el contrario, al disminuir la tensión de alimentación, el motor gira a menor velocidad.

Consecuencias de la variación de frecuencia

Par

En los motores asíncronos, el flujo es proporcional a la corriente para una frecuencia dada. La ley de Ohm aplicada a un motor da el siguiente resultado:

$$U = L\omega I + rI \quad \text{o bien} \quad I = \frac{U}{L\omega + r}$$

L = constante de fabricación
$\omega = 2\pi f$
r es omisible ante $L\omega$ cuando ω es distinto de 0

Por tanto, es posible escribir:

$$I = \frac{U}{2\pi Lf} = \frac{U}{kf}$$

Para obtener un flujo constante, y por tanto un I constante, es preciso que la relación U/f se mantenga constante.
Sin embargo, el valor del par de este tipo de motores para una frecuencia dada se obtiene mediante la fórmula:
$C = k\phi I$ o bien kI^2.
Por consiguiente, es posible trabajar a un par constante siempre que sea posible aumentar U hasta la tensión nominal.
Por lo demás, siempre es posible aumentar la frecuencia, pero, al disminuir la corriente, el par disminuye igualmente.

Corriente de arranque

Varía proporcionalmente a la tensión de alimentación.
Cuando ésta es superior, aumenta la corriente absorbida durante el arranque.
Con un convertidor de frecuencia, la corriente de arranque es débil (entre 1 y 1,5 veces la corriente nominal) con respecto a las soluciones clásicas (de 6 a 8 veces la corriente nominal), al tiempo que se desarrolla un par de arranque importante.

Velocidad

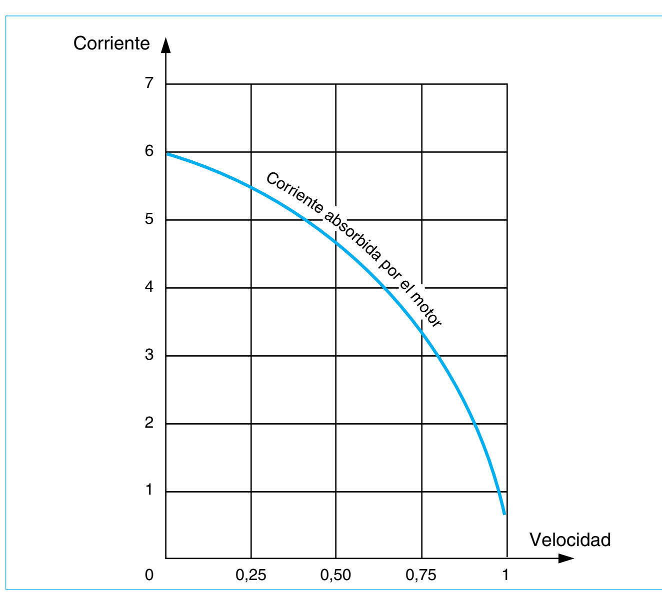
La velocidad de sincronización de los motores asíncronos es proporcional a la frecuencia. Esta propiedad suele utilizarse para funcionar a muy alta velocidad los motores especialmente diseñados para una alimentación, por ejemplo, a 400 Hz (rectificadoras, aparatos de laboratorio o quirúrgicos, etc.). También es posible obtener una velocidad variable mediante la regulación de la frecuencia, por ejemplo, de 6 a 50 Hz (rodillos transportadores, aparatos elevadores, etc.).

Arranque de los motores asíncronos trifásicos

Durante la puesta en tensión de un motor, la corriente solicitada es considerable y puede provocar una caída de tensión que afecte al funcionamiento de los receptores, especialmente en caso de insuficiencia de la sección de la línea de alimentación. En ocasiones, la caída puede llegar a ser perceptible en los aparatos de alumbrado.
Para poner remedio a estos inconvenientes, ciertos reglamentos sectoriales prohíben el uso de motores de arranque directo que superen cierta potencia. Otros se limitan a imponer la relación entre la corriente de arranque y la nominal en base a la potencia de los motores.
Los motores de jaula son los únicos que pueden acoplarse directamente a la red por medio de un equipo simple.
Tan sólo las extremidades de los devanados del estator sobresalen de la placa de bornas. Dado que el fabricante determina de manera definitiva las características del rotor, los distintos procesos de arranque consisten principalmente en hacer variar la tensión en las bornas del estátor. En este tipo de motores, cuya frecuencia es constante, la reducción de la punta de corriente conlleva de manera automática una fuerte reducción del par.

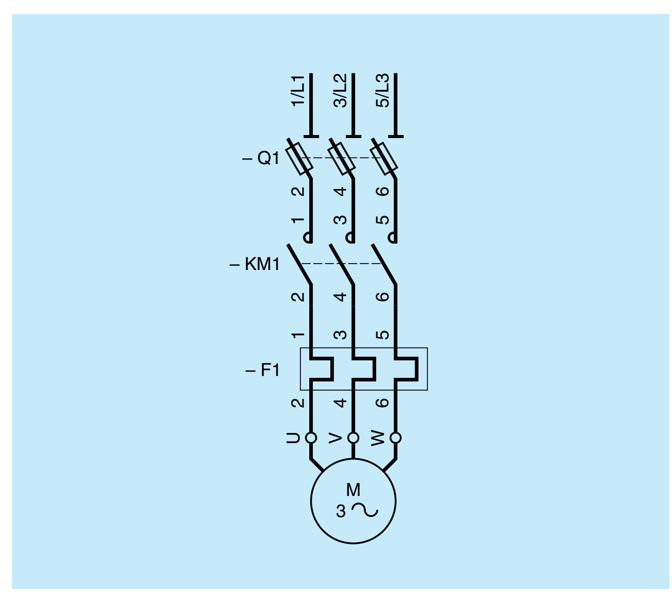
Arranque directo

Se trata del modo de arranque más sencillo en el que el estator se acopla directamente a la red. El motor se basa en sus características naturales para arrancar.
En el momento de la puesta bajo tensión, el motor actúa como un transformador cuyo secundario, formado por la jaula muy poco resistente del rotor, está en cortocircuito. La corriente inducida en el rotor es importante. La corriente primaria y la secundaria son prácticamente proporcionales.
Por tanto, se obtiene una punta de corriente importante en la red:
I arranque = 5 a 8 I nominal.
El par de arranque medio es:
C arranque = 0,5 a 1,5 C nominal.
A pesar de las ventajas que conlleva (sencillez del equipo, elevado par de arranque, arranque rápido, bajo coste), sólo es posible utilizar el arranque directo en los siguientes casos:
– la potencia del motor es débil con respecto a la de la red, para limitar las perturbaciones que provoca la corriente solicitada,
– la máquina accionada no requiere un aumento progresivo de velocidad y dispone de un dispositivo mecánico (por ejemplo, un reductor) que impide el arranque brusco,
– el par de arranque debe ser elevado.
Por el contrario, siempre que:
– la caída de tensión provocada por la corriente solicitada pueda perturbar el buen funcionamiento de otros aparatos conectados a la misma línea,
– la máquina accionada no pueda admitir sacudidas mecánicas,
– la seguridad o la comodidad de los usuarios se vea comprometida (por ejemplo, en el caso de las escaleras mecánicas),
será imprescindible recurrir a una artimaña para disminuir la corriente solicitada o el par de arranque. En estos casos, el medio más utilizado consiste en arrancar el motor bajo tensión reducida.



Curva de corriente/velocidad del arranque directo

La variación de la tensión de alimentación tiene las siguientes consecuencias:
– la corriente de arranque varía proporcionalmente a la tensión de alimentación,
– el par de arranque varía proporcionalmente al cuadrado de la tensión de alimentación.
Ejemplo: si la tensión se divide por √3, la corriente se divide aproximadamente por √3 y el par se divide por 3.

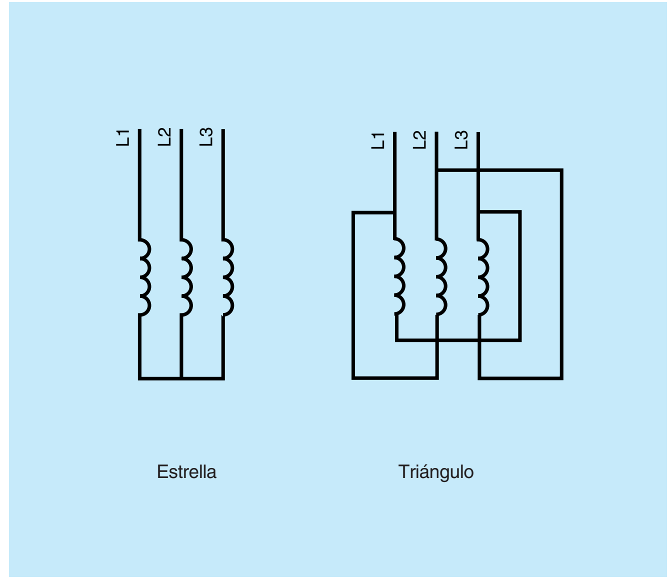


Arranque directo

Arranque estrella-triángulo

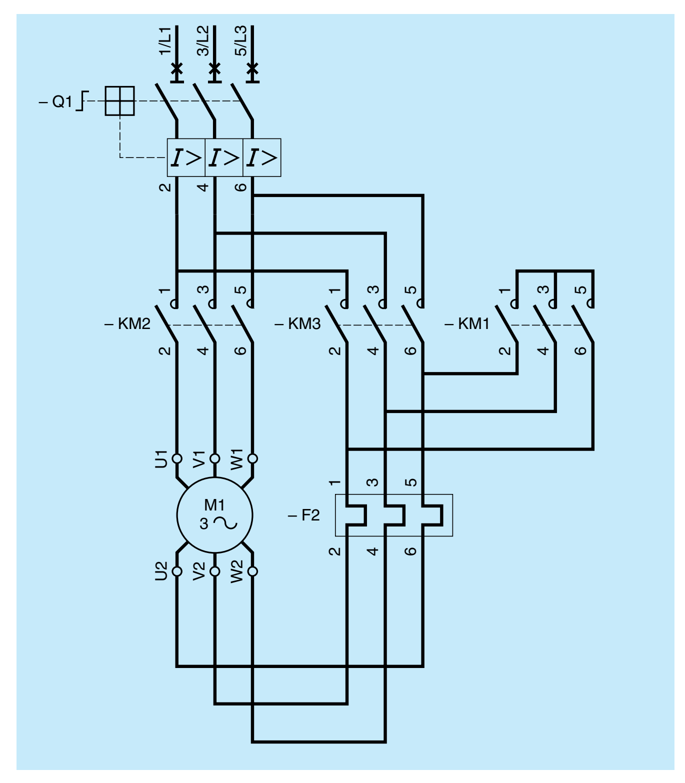
Sólo es posible utilizar este modo de arranque en motores en los que las dos extremidades de cada uno de los tres devanados estatóricos vuelvan a la placa de bornas. Por otra parte, el bobinado debe realizarse de manera que el acoplamiento en triángulo corresponda con la tensión de la red: por ejemplo, en el caso de una red trifásica de 380 V, es preciso utilizar un motor bobinado a 380 V en triángulo y 660 V en estrella.
El principio consiste en arrancar el motor acoplando los devanados en estrella a la tensión de la red, lo que equivale a dividir la tensión nominal del motor en estrella por √3 (en el ejemplo anterior, la tensión de la red 380 V = 660 V / √3).
La punta de corriente durante el arranque se divide por 3:
Id = 1,5 a 2,6 In
Un motor de 380 V/660 V acoplado en estrella a su tensión nominal de 660 V absorbe una corriente √3 veces menor que si se acopla en triángulo a 380 V. Dado que el acoplamiento en estrella se realiza a 380 V, la corriente se divide nuevamente por √3. Por tanto, se divide por un total de 3.
El par de arranque se divide igualmente por 3, ya que es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación:
Cd = 0,2 a 0,5 Cn
La velocidad del motor se estabiliza cuando se equilibran el par del motor y el par resistente, normalmente entre el 75 y 85% de la velocidad nominal. En ese momento, los devanados se acoplan en triángulo y el motor rinde según sus características naturales. Un temporizador se encarga de controlar la transición del acoplamiento en estrella al acoplamiento en triángulo. El cierre del contactor de triángulo se produce con un retardo de 30 a 50 milisegundos tras la apertura del contactor de estrella, lo que evita un cortocircuito entre fases al no poder encontrarse ambos cerrados al mismo tiempo.

Curva de corriente/velocidad del arranque directo

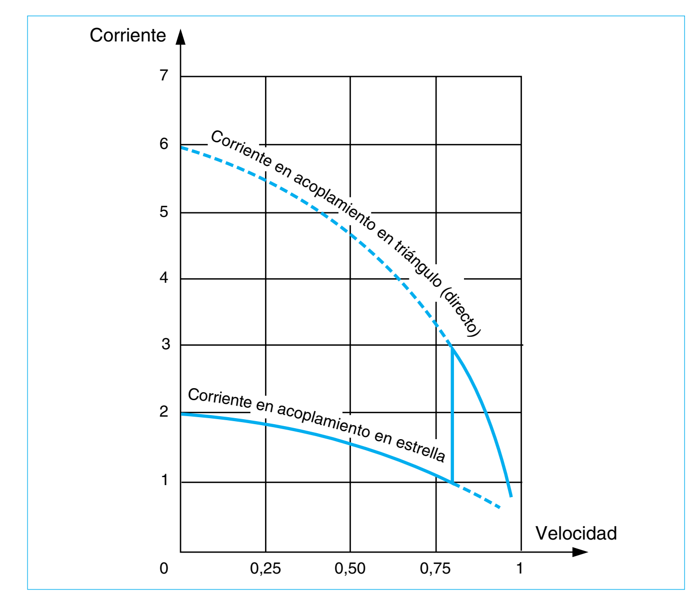


Acoplamiento de los devanados del motor

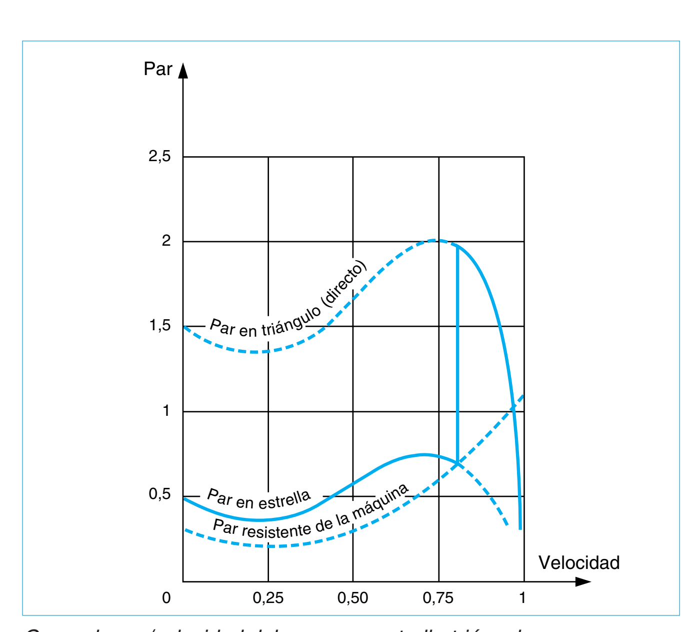
La corriente que recorre los devanados se interrumpe con la apertura del contactor de estrella y se restablece con el cierre del contactor de triángulo. El paso al acoplamiento en triángulo va acompañado de una punta de corriente transitoria, tan breve como importante, debida a la fcem del motor.
El arranque estrella-triángulo es apropiado para las máquinas cuyo par resistente es débil o que arrancan en vacío.
Dependiendo del régimen transitorio en el momento del acoplamiento en triángulo, puede ser necesario utilizar una variante que limite los fenómenos transitorios cuando se supera cierta potencia:
– temporización de 1 a 2 segundos al paso estrella-triángulo. Esta medida permite disminuir la fcem y, por tanto, la punta de corriente transitoria.
Esta variante sólo puede utilizarse en máquinas cuya inercia sea suficiente para evitar una deceleración excesiva durante la temporización.
– arranque en 3 tiempos: estrella-triángulo + resistencia-triángulo.
El corte se mantiene, pero la resistencia se pone en serie aproximadamente durante tres segundos con los devanados acoplados en triángulo. Esta medida reduce la punta de corriente transitoria.
– arranque en estrella-triángulo + resistencia-triángulo sin corte.
La resistencia se pone en serie con los devanados inmediatamente antes de la apertura del contactor de estrella. Esta medida evita cualquier corte de corriente y, por tanto, la aparición de fenómenos transitorios.
El uso de estas variantes conlleva la instalación de componentes adicionales y el consiguiente aumento del coste total. En muchos casos, el uso de un arrancador estático de tipo Altistart es una solución preferible.



Arranque estrella-triángulo



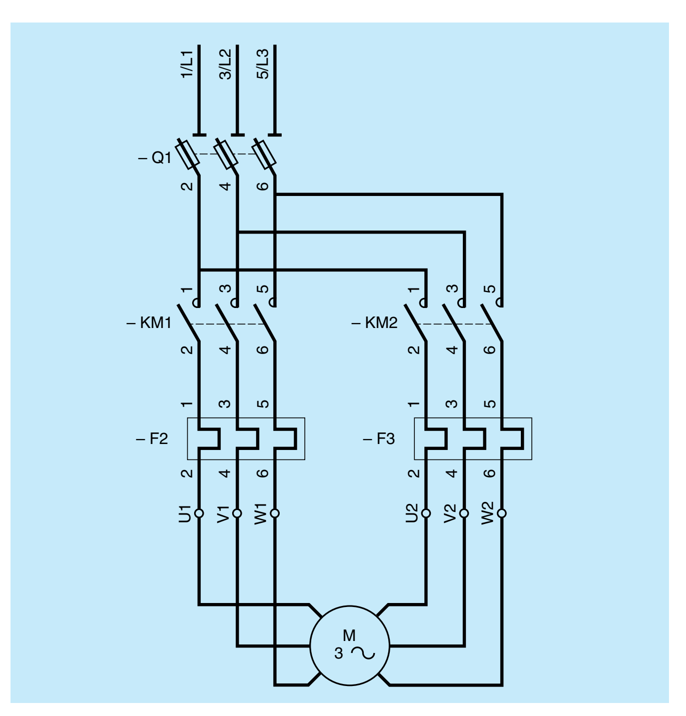
Curva de corriente/velocidad del arranque estrella-triángulo



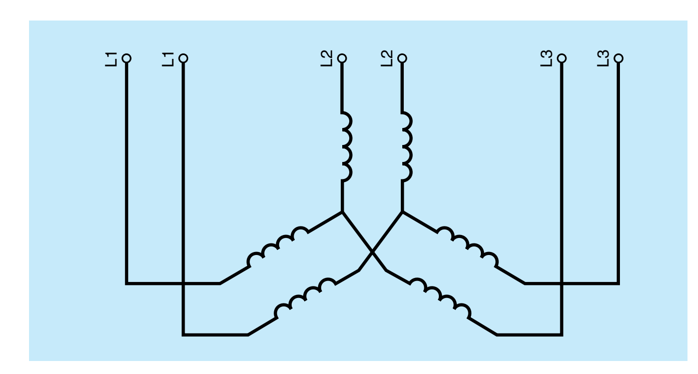
Curva de par/velocidad del arranque estrella-triángulo

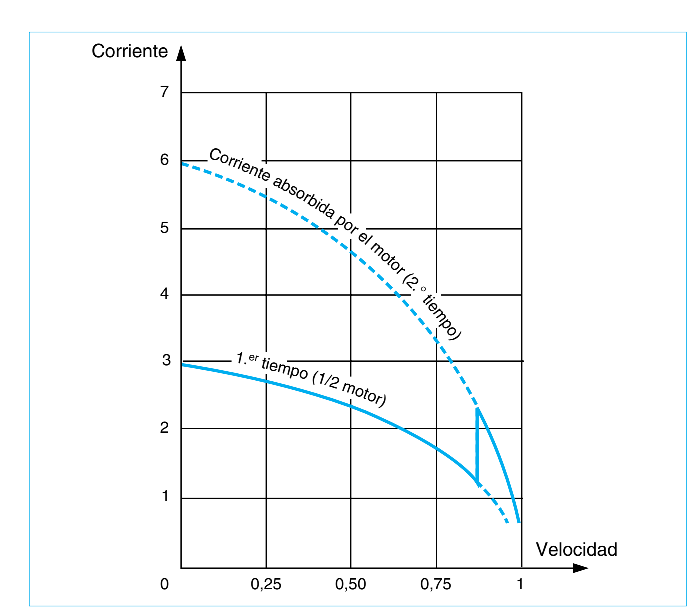
Arranque de motores de devanados partidos “part-winding”

Este tipo de motor está dotado de un devanado estatórico desdoblado en dos devanados paralelos con seis o doce bornas de salida. Equivale a dos “medios motores” de igual potencia.
Durante el arranque, un solo “medio motor” se acopla en directo a plena tensión a la red, lo que divide aproximadamente por dos tanto la corriente de arranque como el par. No obstante, el par es superior al que proporcionaría el arranque estrella-triángulo de un motor de jaula de igual potencia.
Al finalizar el arranque, el segundo devanado se acopla a la red. En ese momento, la punta de corriente es débil y de corta duración, ya que el motor no se ha separado de la red de alimentación y su deslizamiento ha pasado a ser débil.
Este sistema, poco utilizado en Europa, es muy frecuente en el mercado norteamericano (tensión de 230/460 V, relación igual a 2).

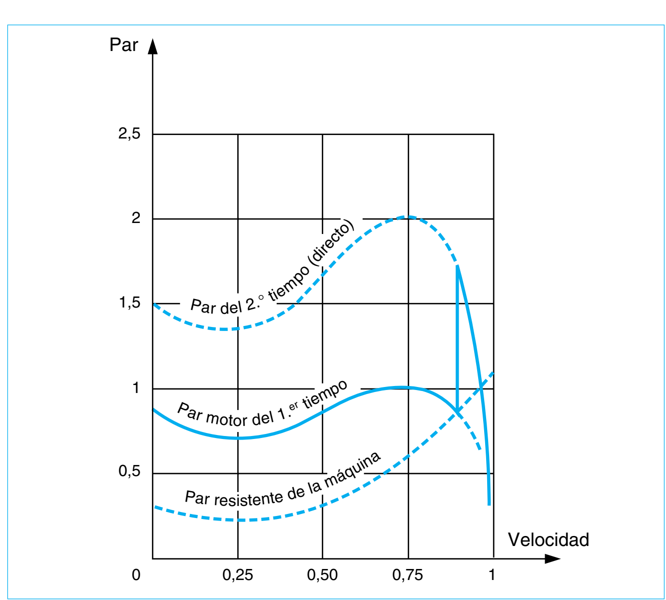


Arranque de un motor de devanados partidos (“part-winding”)





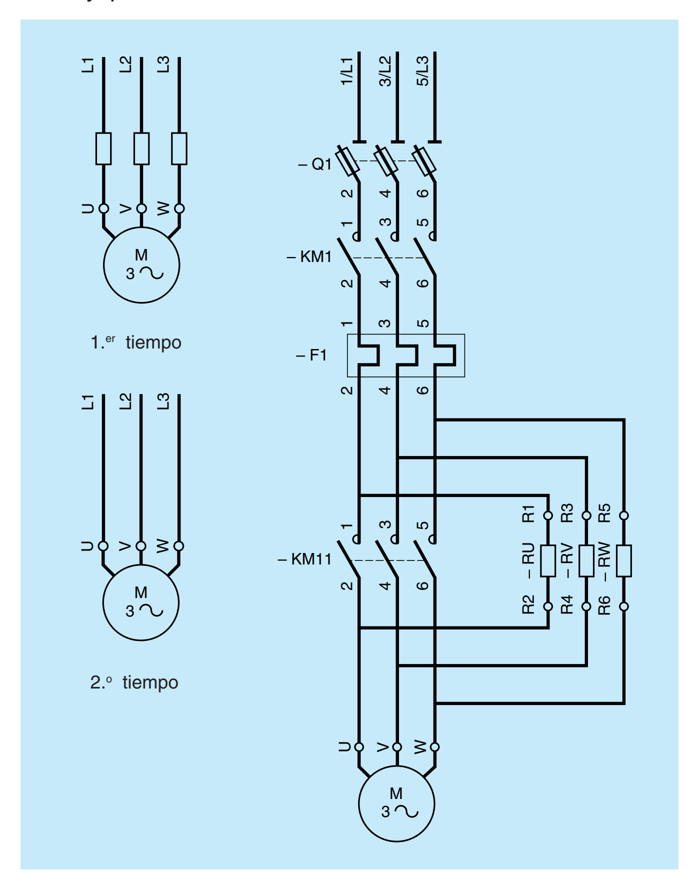
Curva de corriente/velocidad del arranque de un motor “part-winding”



Curva de par/velocidad del arranque de un motor “part-winding”

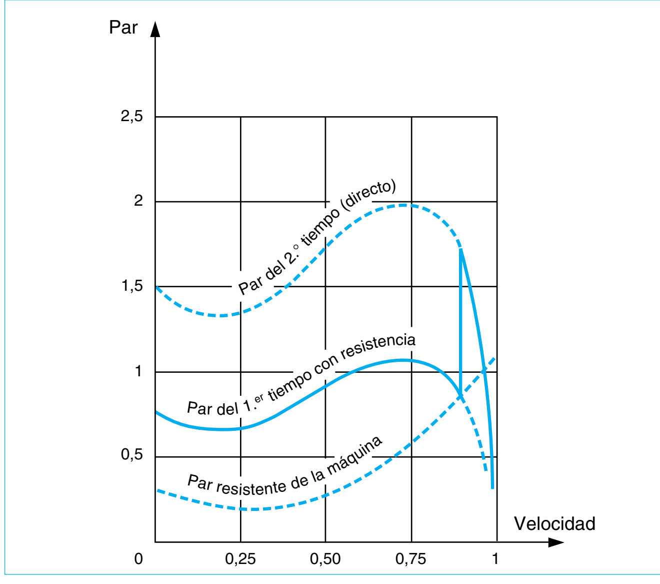
Arranque estatórico por resistencias

El principio consiste en arrancar el motor bajo tensión reducida mediante la inserción de resistencias en serie con los devanados.
Una vez estabilizada la velocidad, las resistencias se eliminan y el motor se acopla directamente a la red. Normalmente, se utiliza un temporizador para controlar la operación.
Durante este tipo de arranque, el acoplamiento de los devanados del motor no se modifica. Por tanto, no es necesario que las dos extremidades de cada devanado sobresalgan de la placa de bornas.
El valor de la resistencia se calcula en base a la punta de corriente que no se debe superar durante el arranque, o al valor mínimo del par de arranque necesario teniendo en cuenta el par resistente de la máquina accionada. Generalmente, los valores de corriente y de par de arranque son:
Id = 4,5 In
Cd = 0,75 Cn
Durante la fase de aceleración con las resistencias, la tensión que se aplica a las bornas del motor no es constante. Equivale a la tensión de la red menos la caída de tensión que tiene lugar en la resistencia de arranque.
La caída de tensión es proporcional a la corriente absorbida por el motor. Dado que la corriente disminuye a medida que se acelera el motor, sucede lo mismo con la caída de tensión de la resistencia. Por tanto, la tensión que se aplica a las bornas del motor es mínima en el momento del arranque y aumenta progresivamente.
Dado que el par es proporcional al cuadrado de la tensión de las bornas del motor, aumenta más rápidamente que en el caso del arranque estrella-triángulo, en el que la tensión permanece invariable mientras dura el acoplamiento en estrella.
Este tipo de arranque es, por tanto, apropiado para las máquinas cuyo par resistente crece con la velocidad, por ejemplo los ventiladores.
Su inconveniente consiste en que la punta de corriente es relativamente importante durante el arranque. Sería posible reducirla mediante el aumento del valor de la resistencia, pero esta medida conllevaría una caída de tensión adicional en las bornas del motor y, por tanto, una considerable reducción del par de arranque.
Por el contrario, la eliminación de la resistencia al finalizar el arranque se lleva a cabo sin interrumpir la alimentación del motor y, por tanto, sin fenómenos transitorios.



Arranque estatórico por resistencias

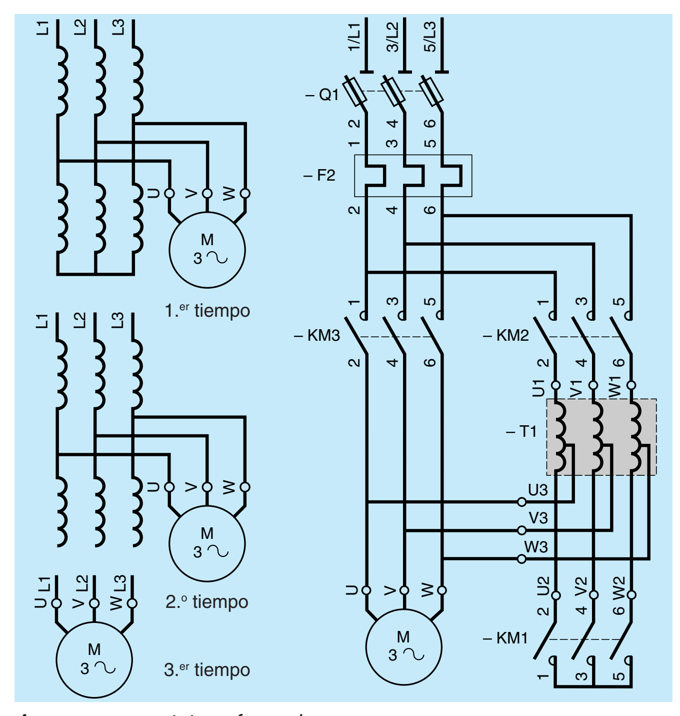
Curva de corriente/velocidad del arranque estatórico por resistencias



Curva de par/velocidad del arranque estatórico por resistencias

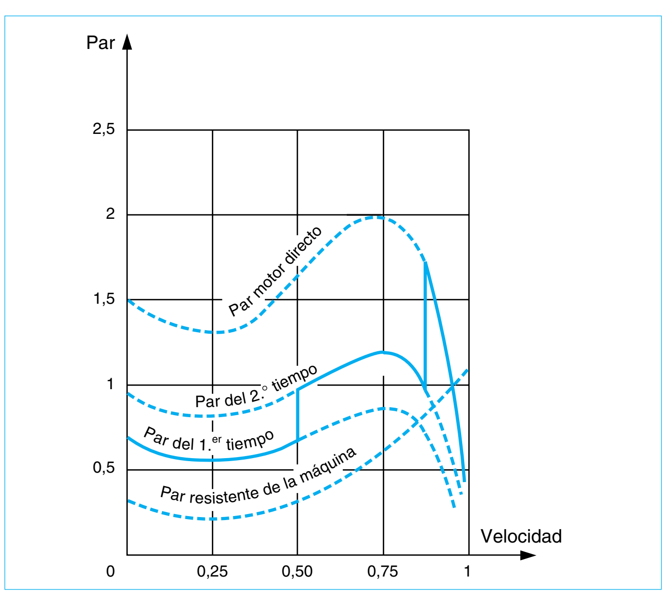
Arranque por autotransformador

El motor se alimenta a tensión reducida mediante un autotransformador que, una vez finalizado el arranque, queda fuera del circuito.
El arranque se lleva a cabo en tres tiempos:
– en el primer tiempo, el autotransformador comienza por acoplarse en estrella y, a continuación, el motor se acopla a la red a través de una parte de los devanados del autotransformador. El arranque se lleva a cabo a una tensión reducida que se calcula en función de la relación de transformación. Generalmente, el transformador está dotado de tomas que permiten seleccionar la relación de transformación y, por tanto, el valor más adecuado de la tensión reducida.
– antes de pasar al acoplamiento a plena tensión, la estrella se abre. En ese momento, la fracción de bobinado conectada a la red crea una inductancia en serie con el motor. Esta operación se realiza cuando se alcanza la velocidad de equilibrio, al final del primer tiempo.
– el acoplamiento a plena tensión interviene a partir del segundo tiempo, normalmente muy corto (una fracción de segundo). Las inductancias en serie con el motor se cortocircuitan y, a continuación, el autotransformador queda fuera del circuito.
La corriente y el par de arranque varían en la misma proporción. Se dividen por $(U\ red / U\ reducida)^2$ y se obtienen los valores siguientes:
Id = 1,7 a 4 In
Cd = 0,5 a 0,85 Cn
El arranque se lleva a cabo sin interrupción de corriente en el motor, lo que evita que se produzcan fenómenos transitorios. No obstante, si no se toman ciertas precauciones pueden aparecer fenómenos transitorios de igual naturaleza durante el acoplamiento a plena tensión. De hecho, el valor de la inductancia en serie con el motor tras la apertura de la estrella es importante si se compara con la del motor. Como consecuencia, se produce una caída de tensión considerable que acarrea una punta de corriente transitoria elevada en el momento del acoplamiento a plena tensión. El circuito magnético del autotransformador incluye un entrehierro que disminuye el valor de la inductancia para paliar este problema. Dicho valor se calcula de modo que, al abrirse la estrella en el segundo tiempo, no haya variación de tensión en las bornas del motor.
El entrehierro aumenta la corriente magnetizante del autotransformador. Dicha corriente aumenta la corriente solicitada en la red durante el primer tiempo del arranque.
Este modo de arranque suele utilizarse en los motores con potencia superior a 100 kW. Sin embargo, el precio de los equipos es relativamente alto debido al elevado coste del autotransformador.



Arranque por autotransformador

Curva de corriente/velocidad del arranque por autotransformador



Curva de par/velocidad del arranque por autotransformador

Arranque electrónico (soft starter)

La alimentación del motor durante la puesta en tensión se realiza mediante una subida progresiva de la tensión, lo que posibilita un arranque sin sacudidas y reduce la punta de corriente. Para obtener este resultado, se utiliza un graduador de tiristores montados en oposición de 2 por 2 en cada fase de la red.

La subida progresiva de la tensión de salida puede controlarse por medio de la rampa de aceleración, que depende del valor de la corriente de limitación, o vincularse a ambos parámetros.

Un arrancador ralentizador progresivo como el Altistart 3 es un graduador de 6 tiristores que se utiliza para arrancar y parar de manera controlada los motores trifásicos de jaula. Garantiza:

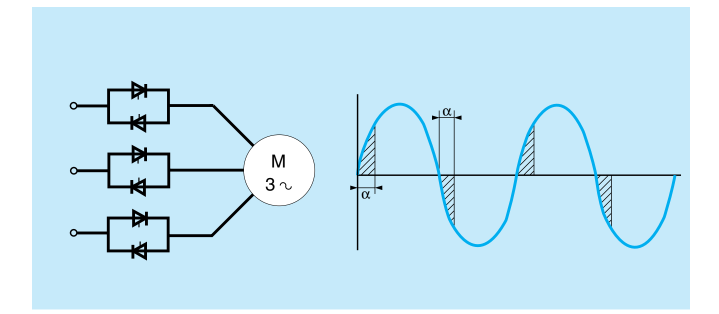
– el control de las características de funcionamiento, principalmente durante los períodos de arranque y parada,
– la protección térmica del motor y del arrancador,
– la protección mecánica de la máquina accionada, mediante la supresión de las sacudidas de par y la reducción de la corriente solicitada.

La corriente (I_{ATS} en el ejemplo del lateral) puede regularse de 2 a 5 In, lo que proporciona un par de arranque regulable entre 0,1 y 0,7 del par de arranque en directo.

Permite arrancar todo tipo de motores asíncronos. Puede cortocircuitarse para arrancar por medio de un contactor y mantener al mismo tiempo el dominio del circuito de control.

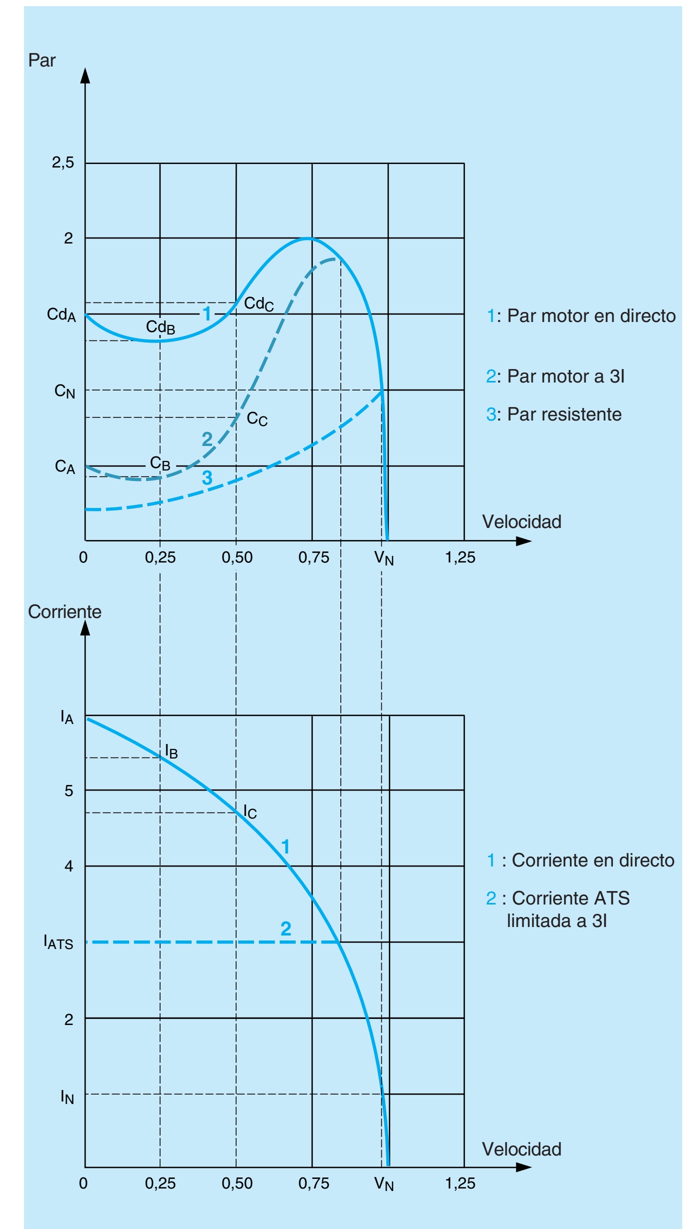
A todo ello hay que añadir la posibilidad de:

– deceleración progresiva,
– parada frenada.





Arrancador ralentizador Altistart



En cada uno de los puntos, el par, de frecuencia fija, es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación: $C = k\,U^2$, o a la relación del cuadrado de las corrientes. Por tanto, es posible escribir:

$$C_A = C_{dA}\left(\frac{I_{ATS}}{I_A}\right)^2$$

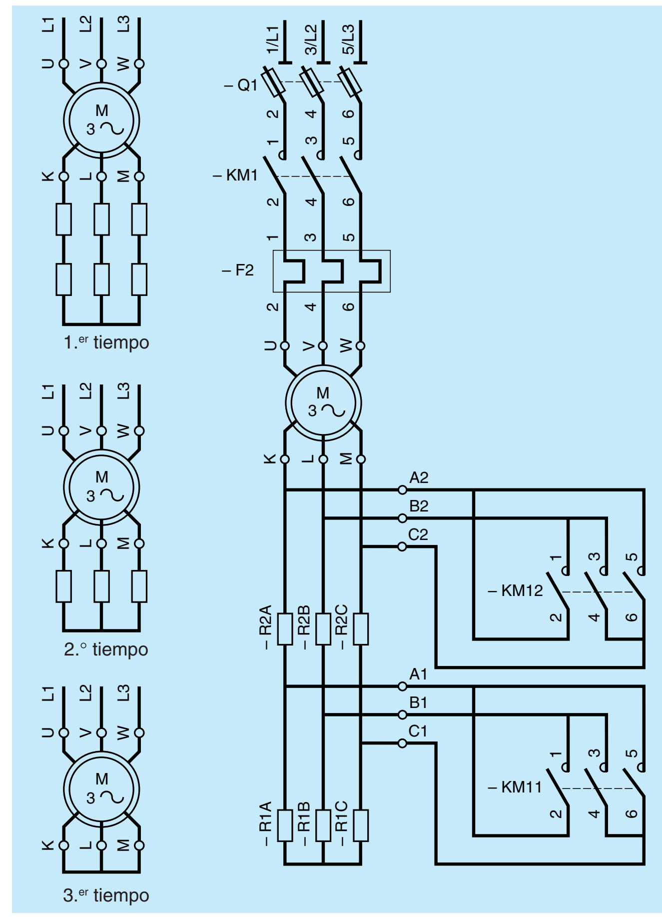
$$C_A = C_{dB}\left(\frac{I_{ATS}}{I_b}\right)^2$$

$$C_c = C_{dC}\left(\frac{I_{ATS}}{I_C}\right)^2 \ldots$$

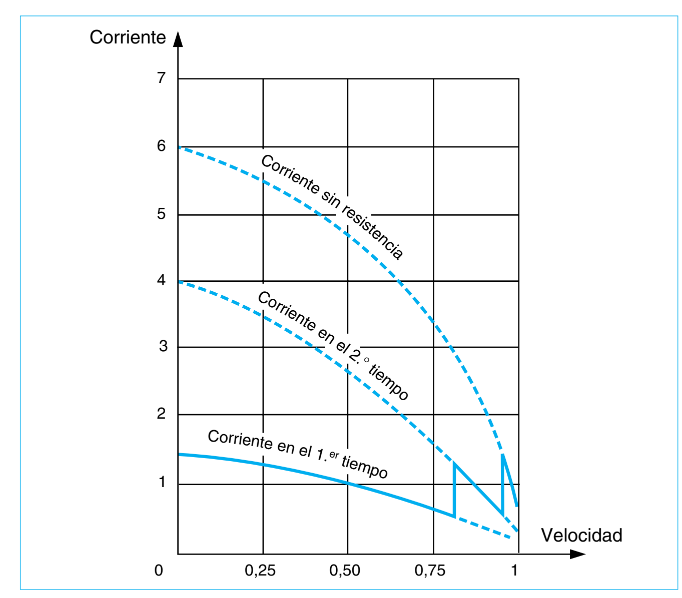
Curvas de corriente/velocidad y par/velocidad del arranque electrónico

Arranque rotórico por resistencias de los motores de anillos

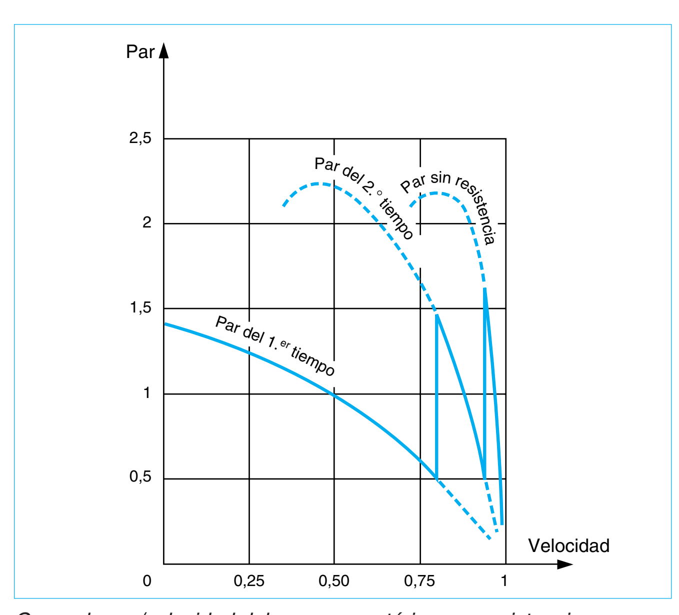
Un motor de anillos no puede arrancar en directo (devanados rotóricos cortocircuitados) sin provocar puntas de corriente inadmisibles. Es necesario insertar en el circuito rotórico resistencias que se cortocircuiten progresivamente, al tiempo que se alimenta el estator a toda la tensión de red.
El cálculo de la resistencia insertada en cada fase permite determinar con rigor la curva de par-velocidad resultante: para un par dado, la velocidad es menor cuanto mayor sea la resistencia. Como resultado, la resistencia debe insertarse por completo en el momento del arranque y la plena velocidad se alcanza cuando la resistencia está completamente cortocircuitada.
La corriente absorbida es prácticamente proporcional al par que se suministra. Como máximo, es ligeramente superior a este valor teórico.
Por ejemplo, la punta de corriente correspondiente a un par de arranque de 2 Cn es aproximadamente de 2 In. Por tanto, la punta es considerablemente más débil, y el par máximo de arranque más elevado, que en el caso de un motor de jaula, en el que el valor normal se sitúa en torno a 6 In para 1,5 Cn.
El motor de anillos con arranque rotórico se impone, por tanto, en todos los casos en los que las puntas de corriente deben ser débiles y cuando las máquinas deben arrancar a plena carga.
Por lo demás, este tipo de arranque es sumamente flexible, ya que resulta fácil adaptar el número y el aspecto de las curvas que representan los tiempos sucesivos a los requisitos mecánicos o eléctricos (par resistente, valor de aceleración, punta máxima de corriente, etc.).



Arranque rotórico por resistencias



Curva de corriente/velocidad del arranque rotórico por resistencias



Curva de par/velocidad del arranque rotórico por resistencias

Resumen de características de los distintos métodos de arranque

	Motores de jaula						Motores de anillos
	Arranque directo	Arranque part winding	Arranque estrella-triángulo	Arranque estatórico	Arranque por autotransformador	Arrancador progresivo	Arranque rotórico
Corriente de arranque	100%	50%	33%	70%	40 / 65 / 80%	Regulable de 25 a 75% (potenciómetro)	70%
Sobrecarga de la línea	4 a 8 In	2 a 4 In	1,3 a 2,6 In	4,5 In	1,7 a 4 In		< 2,5 In
Par en % de Cd	100%	50%	33%	50%	40 / 65 / 80 %	Regulable de 10 a 70%	
Par inicial de arranque	0,6 a 1,5 Cn	0,3 a 0,75 Cn	0,2 a 0,5 Cn	0,6 a 0,85 Cn	0,4 a 0,85 Cn	Regulable de 0,1 a 0,7 Cn	< 2,5 Cn
Mando	Todo o nada	Todo o nada	Todo o nada	1 posición fija	3 posiciones fijas	Progresivo	De 1 a 5 posiciones
	Motor de jaula económico y robusto						
Ventajas	• Arrancador simple • Económico • Par de arranque importante	• Simple • Par de arranque más elevado que en estrella-triángulo • Sin corte de alimentación durante el arranque	• Arrancador económico • Buena relación par/corriente	• Posibilidad de ajuste de los valores en el arranque • Sin corte de alimentación durante el arranque • Fuerte reducción de las puntas de corriente transitorias	• Buena relación par/corriente • Posibilidad de ajuste de los valores en el arranque • Sin corte de alimentación durante el arranque	• Regulable durante la puesta en servicio • Dimensiones reducidas • Estático • Adaptable a cualquier ciclo	• Excelente relación par/corriente • Posibilidad de ajuste de los valores en el arranque • Sin corte de alimentación durante el arranque
Inconve-nientes	• Punta de corriente muy importante • Arranque brutal	• Sin posibilidad de ajuste • Motor especial • Red especial	• Par de arranque débil • Sin posibilidad de ajuste • Corte de alimentación en el cambio de acoplamiento y fenómenos transitorios • Motor de 6 bornas	• Débil reducción de la punta de arranque • Necesidad de resistencias voluminosas	• Necesidad de un autotransformador costoso • Implica riesgos en redes con perturbaciones	• Genera perturbaciones	• Motor de anillos más costoso • Necesita resistencias
Tiempos de arranque	2 a 3 segundos	3 a 6 segundos	3 a 7 segundos	7 a 12 segundos	7 a 12 segundos	Regulable de 1 a 60 segundos	• 3 tiempos 2,5 s • 4 y 5 tiempos 5 s
Aplicaciones habituales	• Pequeñas máquinas, aunque arranquen a plena carga	• Máquinas que arrancan en vacío o a poca carga (compresores para grupos de climatización)	• Máquinas que arrancan en vacío • Ventiladores y bombas centrífugas de poca potencia	• Máquinas de elevada inercia sin problemas especiales de par ni de corriente en el arranque	• Máquinas de elevada potencia o inercia, en casos en los que la reducción de la punta de corriente sea un criterio importante	• Bombas, ventiladores, compresores, transportadores	• Máquinas de arranque en carga, de arranque progresivo, etc.

Cómo utilizar la tabla

• Instalación atendida a baja tensión por la red de distribución.
Respete la normativa del sector que establezca la potencia límite a la que es posible arrancar un motor sin reducción de la punta de corriente.
• Instalación atendida por un transformador particular.
Determine cuál es la punta de arranque máxima admisible que no provoca una disyunción del lado de alta tensión del transformador.
Compare la punta de arranque en directo del motor elegido en función de uno de los criterios anteriores.
• La punta es aceptable.
Verifique que la caída de tensión en línea no sea muy importante; en caso contrario:
– refuerce la línea o
– elija otro método de arranque.
• La punta debe reducirse o la caída de tensión es muy importante:
– elija otro método de arranque,
– verifique si se obtiene un par suficiente en estas condiciones.

Regulación de velocidad de los motores asíncronos trifásicos

Durante mucho tiempo, las posibilidades de regulación de la velocidad de los motores asíncronos han sido muy escasas. En la mayoría de los casos, los motores de jaula se utilizaban a su velocidad nominal. Los únicos motores que disponían de varias velocidades fijas eran los de acoplamiento de polos y los de devanados separados, que todavía se emplean de manera habitual.
Actualmente, los convertidores de frecuencia permiten controlar a velocidad variable los motores de jaula. De este modo, pueden utilizarse en aplicaciones que, hasta hace poco, quedaban reservadas para los motores de corriente continua.

Velocidad de sincronización

La velocidad de sincronización de los motores asíncronos trifásicos es proporcional a la frecuencia de la corriente de alimentación e inversamente proporcional al número de pares de polos que constituyen el estator.

$$N = \frac{60\ f}{p}$$

N: velocidad de sincronización en r.p.m.
f: frecuencia en Hz
p: número de pares de polos.

La siguiente tabla contiene la velocidad de rotación del campo giratorio, o velocidad de sincronización, correspondiente a las frecuencias industriales de 50 Hz y 60 Hz y a la frecuencia de 100 Hz, en base al número de polos.

Número de polos	**Velocidad de rotación en rpm**		
	50 Hz	60 Hz	100 Hz
2	3000	3600	6000
4	1500	1800	3000
6	1000	1200	2000
8	750	900	1500
10	600	720	1200
12	500	600	1000
16	375	450	750

Estos datos no significan que sea posible aumentar la velocidad de un motor asíncrono alimentándolo a una frecuencia superior a la prevista aunque la tensión esté adaptada. Es conveniente comprobar si su diseño mecánico y eléctrico lo permiten.
Teniendo en cuenta el deslizamiento, las velocidades de rotación en carga de los motores asíncronos son ligeramente inferiores a las velocidades de sincronización que figuran en la tabla.

2

Resumen de características de los distintos métodos de arranque

	Motores de jaula						Motores de anillos
	Arranque directo	Arranque part winding	Arranque estrella-triángulo	Arranque estatórico	Arranque por autotransformador	Arrancador progresivo	Arranque rotórico
Corriente de arranque	100%	50%	33%	70%	40 / 65 / 80%	Regulable de 25 a 75% (potenciómetro)	70%
Sobrecarga de la línea	4 a 8 In	2 a 4 In	1,3 a 2,6 In	4,5 In	1,7 a 4 In		< 2,5 In
Par en % de Cd	100%	50%	33%	50%	40 / 65 / 80 %	Regulable de 10 a 70%	
Par inicial de arranque	0,6 a 1,5 Cn	0,3 a 0,75 Cn	0,2 a 0,5 Cn	0,6 a 0,85 Cn	0,4 a 0,85 Cn	Regulable de 0,1 a 0,7 Cn	< 2,5 Cn
Mando	Todo o nada	Todo o nada	Todo o nada	1 posición fija	3 posiciones fijas	Progresivo	De 1 a 5 posiciones
	Motor de jaula económico y robusto						
Ventajas	• Arrancador simple • Económico • Par de arranque importante	• Simple • Par de arranque más elevado que en estrella-triángulo • Sin corte de alimentación durante el arranque	• Arrancador económico • Buena relación par/corriente	• Posibilidad de ajuste de los valores en el arranque • Sin corte de alimentación durante el arranque • Fuerte reducción de las puntas de corriente transitorias	• Buena relación par/corriente • Posibilidad de ajuste de los valores en el arranque • Sin corte de alimentación durante el arranque	• Regulable durante la puesta en servicio • Dimensiones reducidas • Estático • Adaptable a cualquier ciclo	• Excelente relación par/corriente • Posibilidad de ajuste de los valores en el arranque • Sin corte de alimentación durante el arranque
Inconve-nientes	• Punta de corriente muy importante • Arranque brutal	• Sin posibilidad de ajuste • Motor especial • Red especial	• Par de arranque débil • Sin posibilidad de ajuste • Corte de alimentación en el cambio de acoplamiento y fenómenos transitorios • Motor de 6 bornas	• Débil reducción de la punta de arranque • Necesidad de resistencias voluminosas	• Necesidad de un autotransformador costoso • Implica riesgos en redes con perturbaciones	• Genera perturbaciones	• Motor de anillos más costoso • Necesita resistencias
Tiempos de arranque	2 a 3 segundos	3 a 6 segundos	3 a 7 segundos	7 a 12 segundos	7 a 12 segundos	Regulable de 1 a 60 segundos	• 3 tiempos 2,5 s • 4 y 5 tiempos 5 s
Aplicaciones habituales	• Pequeñas máquinas, aunque arranquen a plena carga	• Máquinas que arrancan en vacío o a poca carga (compresores para grupos de climatización)	• Máquinas que arrancan en vacío • Ventiladores y bombas centrífugas de poca potencia	• Máquinas de elevada inercia sin problemas especiales de par ni de corriente en el arranque	• Máquinas de elevada potencia o inercia, en casos en los que la reducción de la punta de corriente sea un criterio importante	• Bombas, ventiladores, compresores, transportadores	• Máquinas de arranque en carga, de arranque progresivo, etc.

Cómo utilizar la tabla

• Instalación atendida a baja tensión por la red de distribución.
Respete la normativa del sector que establezca la potencia límite a la que es posible arrancar un motor sin reducción de la punta de corriente.
• Instalación atendida por un transformador particular.
Determine cuál es la punta de arranque máxima admisible que no provoca una disyunción del lado de alta tensión del transformador.
Compare la punta de arranque en directo del motor elegido en función de uno de los criterios anteriores.
• La punta es aceptable.
Verifique que la caída de tensión en línea no sea muy importante; en caso contrario:
– refuerce la línea o
– elija otro método de arranque.
• La punta debe reducirse o la caída de tensión es muy importante:
– elija otro método de arranque,
– verifique si se obtiene un par suficiente en estas condiciones.

Regulación de velocidad de los motores asíncronos trifásicos

Durante mucho tiempo, las posibilidades de regulación de la velocidad de los motores asíncronos han sido muy escasas. En la mayoría de los casos, los motores de jaula se utilizaban a su velocidad nominal. Los únicos motores que disponían de varias velocidades fijas eran los de acoplamiento de polos y los de devanados separados, que todavía se emplean de manera habitual.
Actualmente, los convertidores de frecuencia permiten controlar a velocidad variable los motores de jaula. De este modo, pueden utilizarse en aplicaciones que, hasta hace poco, quedaban reservadas para los motores de corriente continua.

Velocidad de sincronización

La velocidad de sincronización de los motores asíncronos trifásicos es proporcional a la frecuencia de la corriente de alimentación e inversamente proporcional al número de pares de polos que constituyen el estator.

$$N = \frac{60\ f}{p}$$

N: velocidad de sincronización en r.p.m.
f: frecuencia en Hz
p: número de pares de polos.

La siguiente tabla contiene la velocidad de rotación del campo giratorio, o velocidad de sincronización, correspondiente a las frecuencias industriales de 50 Hz y 60 Hz y a la frecuencia de 100 Hz, en base al número de polos.

Número de polos	**Velocidad de rotación en rpm**		
	50 Hz	60 Hz	100 Hz
2	3000	3600	6000
4	1500	1800	3000
6	1000	1200	2000
8	750	900	1500
10	600	720	1200
12	500	600	1000
16	375	450	750

Estos datos no significan que sea posible aumentar la velocidad de un motor asíncrono alimentándolo a una frecuencia superior a la prevista aunque la tensión esté adaptada. Es conveniente comprobar si su diseño mecánico y eléctrico lo permiten.
Teniendo en cuenta el deslizamiento, las velocidades de rotación en carga de los motores asíncronos son ligeramente inferiores a las velocidades de sincronización que figuran en la tabla.

Motores de jaula

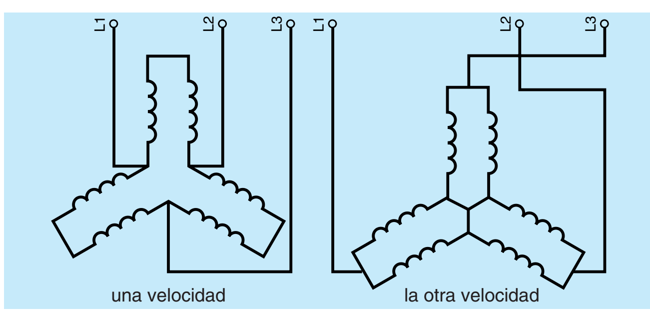
La velocidad de un motor de jaula, según se ha descrito anteriormente, depende de la frecuencia de la red de alimentación y del número de pares de polos. Por consiguiente, es posible obtener un motor de dos o varias velocidades mediante la creación de combinaciones de bobinados en el estator que correspondan a distintos números de polos.

Motores de acoplamiento de polos

Este tipo de motores sólo permite relaciones de velocidad de 1 a 2 (4 y 8 polos, 6 y 12 polos, etc.). Consta de seis bornas. Dependiendo de sus características, los motores pueden ser de potencia constante, par constante o par y potencia variables.
Para una de las velocidades, la red se conecta a las tres bornas correspondientes. Para la segunda, dichas bornas están conectadas entre sí y la red se conecta a las otras tres.
Normalmente el arranque se realiza de manera directa, tanto a alta como a baja velocidad.
En ciertos casos, si las condiciones de uso lo requieren y el motor lo permite, el dispositivo de arranque pasa automáticamente a baja velocidad antes de activar la alta velocidad o antes de la parada.
Dependiendo de las corrientes absorbidas durante los acoplamientos a Baja Velocidad o Alta Velocidad, uno o dos relés térmicos pueden encargarse de la protección.
Generalmente, el rendimiento de este tipo de motores es poco elevado y su factor de potencia, bastante débil. Cuando es necesario que varios motores de este tipo funcionen de manera conjunta, se desaconseja su conexión en paralelo. De hecho, aunque los motores sean de idéntica potencia y fabricación, se producen circulaciones de corriente que los relés de protección no pueden asimilar correctamente.

Motores de devanados estatóricos separados

Estos motores, que constan de dos devanados estatóricos eléctricamente independientes, permiten obtener cualquier relación de dos velocidades. Dado que los devanados BV deben soportar las restricciones mecánicas y eléctricas derivadas del funcionamiento del motor a AV, sus características eléctricas dependen de ello. En ocasiones, un determinado motor funcionando a BV puede absorber una corriente superior que cuando lo hace a AV.
También es posible obtener motores de tres o cuatro velocidades mediante el acoplamiento de los polos en uno de los devanados estatóricos o en ambos. Esta solución requiere que los bobinados dispongan de tomas adicionales.

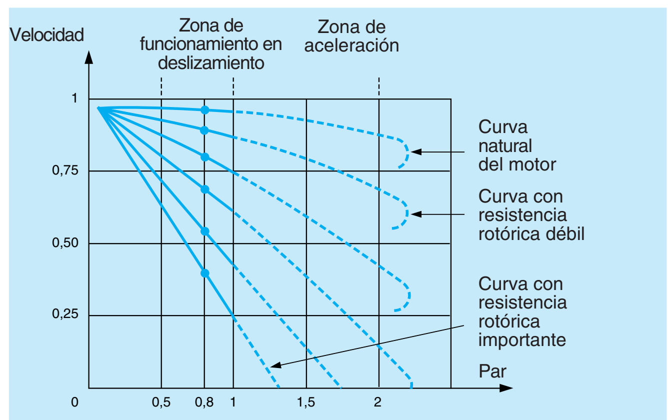


Motor de acoplamiento de polos

Motores de anillos

Regulación de velocidad por deslizamiento

La conexión de una resistencia permanente a las bornas de un motor de anillos reduce su velocidad de manera proporcional al valor de la resistencia. Se trata de una solución sencilla para alterar la velocidad.
Las resistencias "de deslizamiento" pueden cortocircuitarse en varias posiciones para obtener la regulación discontinua de la velocidad o la aceleración progresiva y el arranque completo del motor. Deben soportar la duración del funcionamiento, especialmente cuando su función consiste en hacer variar la velocidad. Por este motivo, su volumen al igual que su coste, puede ser considerable.
Este proceso es sumamente simple y se utiliza con frecuencia. No obstante, conlleva dos inconvenientes importantes:
– durante la marcha a velocidad reducida, gran parte de la energía tomada de la red se disipa y se pierde en las resistencias,
– la velocidad que se obtiene no es independiente de la carga pero varía con el par resistente que aplica la máquina al eje del motor. Para una resistencia dada, el deslizamiento es proporcional al par. Por ejemplo, la bajada de velocidad que se obtiene mediante una resistencia puede ser del 50% a plena carga y sólo del 25% a media carga, mientras que la velocidad en vacío permanece prácticamente invariable.
Si un operador vigila permanentemente la máquina, puede modificar bajo pedido el valor de la resistencia para establecer la velocidad de una zona determinada. Esta práctica funciona en el caso de los pares relativamente importantes, pero la regulación resulta prácticamente imposible en el caso de los pares débiles. De hecho, si se inserta una resistencia muy fuerte para obtener un punto "velocidad débil a par débil", la menor variación del par resistente hace aumentar la velocidad de cero a cerca del 100%. Esta característica es muy inestable.
En el caso de las máquinas con variación particular del par resistente en función de la velocidad, el ajuste puede ser igualmente imposible.



Ejemplo de funcionamiento en deslizamiento. Con una máquina que aplique un par resistente de 0,8 Cn al motor, pueden obtenerse distintas velocidades, representadas por el signo • en el diagrama.
A igualdad de par, la velocidad disminuye cuando la resistencia rotórica aumenta.

Curva de velocidad/par con resistencias "de deslizamiento"

Sistemas de variación de velocidad

El convertidor de frecuencia

Principio

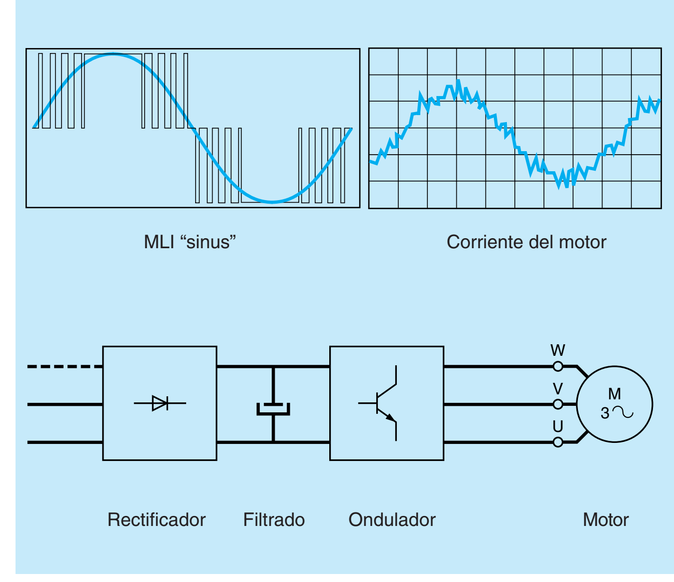
El objetivo del convertidor de frecuencia consiste en alimentar los motores asíncronos trifásicos de jaula.
Se basa en un principio similar a la técnica MLI (1). Garantiza la rotación regular y libre de sacudidas de las máquinas, incluso a baja velocidad, gracias a una forma de corriente de salida muy próxima a la sinusoide.

Descripción del funcionamiento

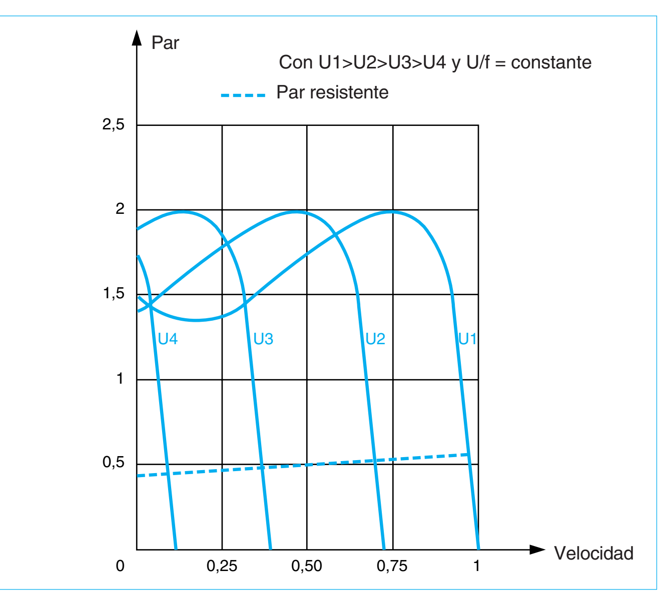
El puente rectificador y los condensadores de filtrado convierten la tensión alterna monofásica o trifásica de la red en tensión continua. A continuación, un puente ondulador de transistores conmuta la tensión continua para generar una serie de impulsos de anchura variable.
El ajuste de la anchura de los impulsos y de su repetición permite regular la tensión y la frecuencia de alimentación del motor para mantener una relación U/f constante y, por tanto, el flujo deseado en el motor. La inductancia del motor realiza el alisado de la corriente (consulte el esquema inferior).
El control de la modulación se lleva a cabo por medio de un microprocesador y un ASIC (2). La modulación depende de las tensiones y las frecuencias, por tanto, de las velocidades solicitadas en la salida.
Los convertidores de frecuencia son muy fáciles de utilizar para alimentar un motor de jaula estándar.
El par que se obtiene permite accionar todo tipo de máquinas, incluyendo las de fuerte par resistente.

(1) MLI: Modulación de anchura de los impulsos según una ley sinus, PWM "sinus", en inglés, Pulses Width Modulation "sinus".
(2) ASIC: Application Specific Integrated Circuit, circuito integrado de aplicación específica.

En caso de par de arrastre, existe una opción que permite el funcionamiento en los cuatro cuadrantes.
El convertidor de frecuencia hace posible que el motor funcione en ambos sentidos de la marcha y permite la opción de frenado. La frecuencia de salida puede ser superior a la de alimentación.
El variador también se utiliza como arrancador o ralentizador para la puesta en marcha y la parada progresiva adaptada a una rampa. Integra la protección térmica del motor y la protección contra cortocircuitos.
El diálogo con el operador se simplifica gracias a los diodos electroluminiscentes, los visualizadores de 7 segmentos, las consolas de puesta en servicio y la posibilidad de interconexión con un microordenador de tipo PC. El diálogo con los automatismos puede realizarse por medio de un enlace serie o de un bus multipunto.



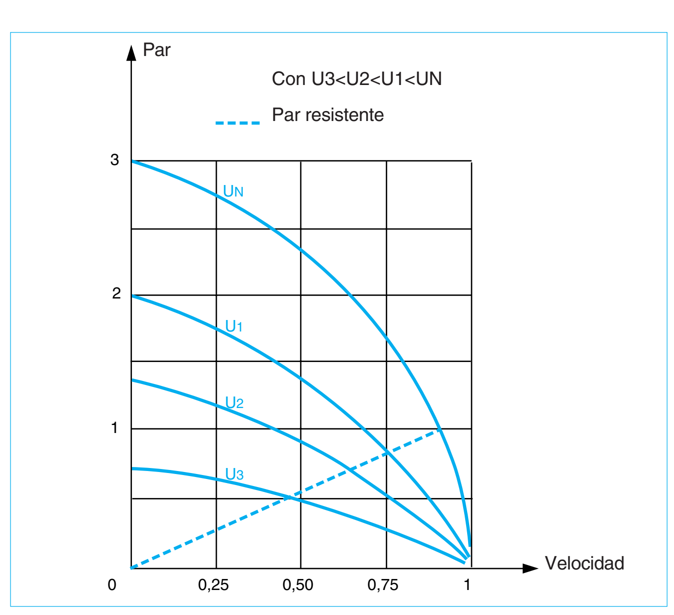
Esquema de base de un convertidor de frecuencia



Curva de par/velocidad del arranque con convertidor de frecuencia

El variador de tensión

Esta solución tiende a desaparecer como resultado de los avances conseguidos por los convertidores de frecuencia.
El par que suministra un motor asíncrono es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación. El principio de funcionamiento consiste en reducir el par resistente a la velocidad deseada. La modulación de tensión se obtiene mediante la variación del ángulo de encendido de dos tiristores montados en oposición en cada fase del motor.
Este sistema de variadores de tensión se utiliza principalmente para variar la velocidad de los pequeños ventiladores. Durante el deslizamiento del motor, las pérdidas en el rotor son proporcionales al par resistente e inversamente proporcionales a la velocidad. Por tanto, el motor debe tener capacidad para disipar estas pérdidas y no debe presentar puntos de inflexión que desestabilizarían la velocidad. Normalmente, los pequeños motores de hasta 3 kW cumplen estas condiciones. Además, hace falta un motor de jaula resistente, motoventilado en caso de que trabaje a baja velocidad.
Es posible utilizar este variador como arrancador para las máquinas con pares resistentes débiles.



Curva par/velocidad del arranque con variador de tensión

Otros sistemas electromecánicos

Los sistemas electromecánicos de regulación de velocidad se utilizan con menor frecuencia desde la generalización de los variadores de velocidad electrónicos. Se citan a continuación a título informativo.

Motores de corriente alterna con colector (Schrage)

Se trata de motores especiales. La variación de velocidad se obtiene modificando la posición de las escobillas del colector con respecto a la línea neutra.

Grupo Ward Léonard

Consta de un motor de arranque y de un generador de corriente continua de excitación variable. Alimenta motores de colector o de corriente continua. La excitación se regula mediante un dispositivo electromecánico o un sistema estático electrónico.

Frenado eléctrico de los motores asíncronos trifásicos

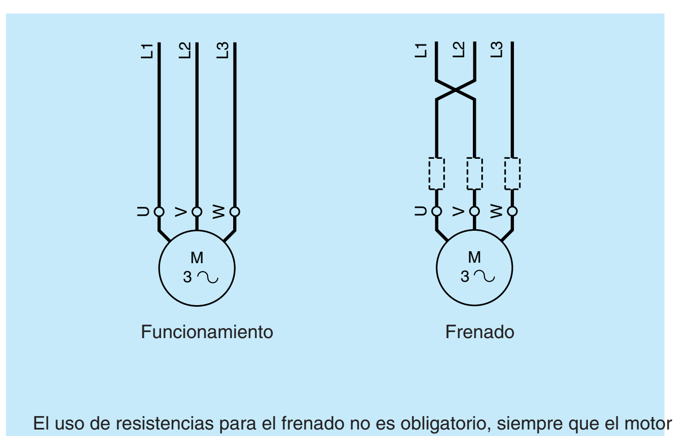
En numerosas aplicaciones, la parada del motor se lleva a cabo por simple decelaración natural. En estos casos, el tiempo de deceleración depende exclusivamente de la inercia de la máquina accionada. Sin embargo, en muchas ocasiones es necesario reducir este tiempo, y el frenado eléctrico constituye una solución eficaz y simple. Con respecto al frenado mecánico o hidráulico, ofrece la ventaja de la regularidad y no utiliza ninguna pieza de desgaste.

Frenado por contracorriente

Este método consiste en reconectar el motor a la red en sentido inverso después de haberlo aislado y mientras sigue girando.
Es un método de frenado muy eficaz, pero debe detenerse con antelación suficiente para evitar que el motor comience a girar en sentido contrario.
Se utilizan varios dispositivos automáticos para controlar la parada en el momento en que la velocidad se aproxima a cero: detectores de parada de fricción, detectores de parada centrífugos, dispositivos cronométricos, etc.

Motor de jaula

Antes de adoptar este sistema, es imprescindible comprobar que el motor sea capaz de soportar frenados por contracorriente. Además de las restricciones mecánicas, este procedimiento impone ciertas limitaciones térmicas importantes al rotor, ya que la energía correspondiente a cada frenado (energía de deslizamiento tomada de la red y energía cinética) se disipa en la jaula.
En el momento del frenado, las puntas de corriente y de par son claramente superiores a las que se producen durante el arranque. Para obtener un frenado sin brusquedad, suele insertarse una resistencia en serie con cada fase del estator durante el acoplamiento en contracorriente. A continuación, el par y la corriente se reducen como en el caso del arranque estatórico.
Los inconvenientes del frenado por contracorriente de los motores de jaula son tan importantes que este método sólo se utiliza en ciertas aplicaciones con motores de escasa potencia.



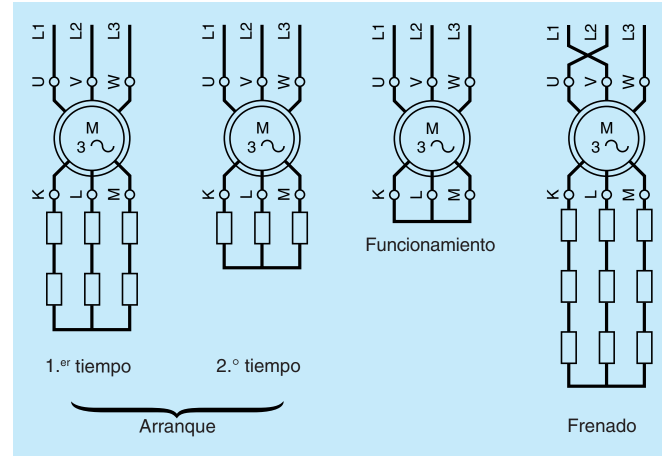
Frenado por contracorriente de un motor de jaula

Motor de anillos

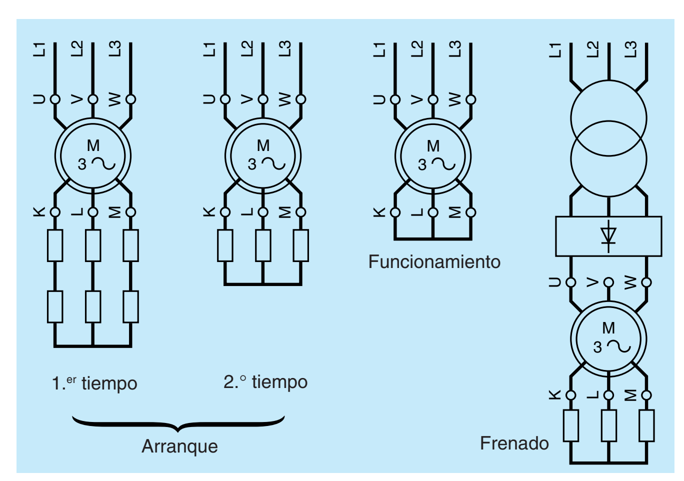
Para limitar la punta de corriente y de par, antes de acoplar el estator del motor a contracorriente, es obligatorio volver a insertar las resistencias rotóricas utilizadas durante el arranque. También suele ser necesario añadir una sección adicional denominada de frenado.
El par de frenado puede regularse fácilmente mediante la elección de una resistencia rotórica adecuada.
La tensión rotórica en el momento de la inversión es casi doble a la del momento de la parada, lo que puede obligar a tomar precauciones especiales de aislamiento.
Al igual que sucede con los motores de jaula, el circuito rotórico produce una gran cantidad de energía que, en gran medida, se disipa en las resistencias.
Es posible controlar automáticamente la parada al alcanzar la velocidad nula por medio de uno de los dispositivos mencionados anteriormente o mediante la acción de un relé de tensión o de frecuencia insertado en el circuito rotórico.
Este sistema permite retener una carga arrastrante a velocidad moderada. La característica es muy inestable (fuertes variaciones de velocidad por débiles variaciones de par).

Frenado por inyección de corriente rectificada

Este modo de frenado se utiliza en motores de anillos y de jaula.
Comparado con el sistema de contracorriente, el coste de la fuente de corriente rectificada se ve compensado por el menor volumen de las resistencias. Con los variadores y arrancadores electrónicos, esta posibilidad de frenado se ofrece sin suplemento de precio.
El proceso consiste en enviar corriente rectificada al estator previamente separado de la red. Dicha corriente crea un flujo fijo en el espacio. Para que el valor del flujo corresponda a un frenado adecuado, la corriente debe ser aproximadamente 1,3 veces la corriente nominal. Generalmente, el excedente de pérdidas térmicas causado por esta ligera sobreintensidad se compensa por el tiempo de parada que sigue al frenado.
Dado que el valor de la corriente queda establecido por la única resistencia de los devanados del estator, la tensión de la fuente de corriente rectificada es débil. Dicha fuente suele constar de rectificadores o proceder de los variadores. Estos elementos deben poder soportar las sobretensiones transitorias producidas por los devanados recién desconectados de la red alterna (por ejemplo, a 380 voltios eficaces).
El movimiento del rotor representa un deslizamiento con respecto a un campo fijo del espacio (mientras que, en el sistema de contracorriente, el campo gira en sentido inverso). El motor actúa como un generador síncrono que suministra corriente al rotor. Las características que se obtienen con un sistema de frenado por inyección de corriente rectificada son muy diferentes a las que resultan de un sistema de contracorriente:
– la energía disipada en las resistencias rotóricas o en la jaula es menor. Se trata únicamente del equivalente a la energía mecánica comunicada por las masas en movimiento. La única energía que procede de la red es la excitación del estator,
– si la carga no es arrastrante, el motor no vuelve a arrancar en sentido contrario,



Frenado por contracorriente de un motor de anillos



Frenado por inyección de corriente rectificada de un motor de anillos

– si la carga es arrastrante, el sistema proporciona un frenado permanente que retiene la carga a baja velocidad. La característica es mucho más estable que en contracorriente.
En el caso de los motores de anillos, las características de par-velocidad dependen de la elección de las resistencias.
En el caso de los motores de jaula, este sistema permite regular fácilmente el par de frenado actuando sobre la corriente continua de excitación.
Para evitar recalentamientos inútiles, es preciso prever un dispositivo que corte la corriente del estator una vez concluido el frenado.

Frenado por funcionamiento en hipersíncrono

En este caso, el motor es accionado por su carga superando la velocidad de sincronismo, se comporta como un generador asíncrono y desarrolla un par de frenado. La red recupera prácticamente toda la pérdida de energía.
En el caso de los motores de elevación, este tipo de funcionamiento provoca la bajada de la carga a la velocidad nominal. El par de frenado equilibra con precisión el par generado por la carga y proporciona una marcha a velocidad constante (no una deceleración).
En el caso de los motores de anillos, es fundamental cortocircuitar la totalidad o parte de las resistencias rotóricas para evitar que el motor se accione a una velocidad muy superior a la nominal, con los riesgos mecánicos que ello implicaría.
Este método ofrece todas las propiedades idóneas de un sistema de retención de carga arrastrante:
– la velocidad es estable y prácticamente independiente del par arrastrante,
– la energía se recupera y se envía de nuevo a la red.
Sin embargo, sólo corresponde a una velocidad: aproximadamente a la velocidad nominal.
Los motores de varias velocidades también emplean el frenado hipersíncrono durante el paso de alta a baja velocidad.

Otros sistemas de frenado

Todavía puede encontrarse el frenado monofásico, que consiste en alimentar el motor por las dos fases de la red. En vacío, la velocidad es nula. Este funcionamiento va acompañado de desequilibrios y pérdidas importantes.
Cabe mencionar igualmente el frenado por ralentizador de corrientes de Foucault. La energía mecánica se disipa en calor dentro del ralentizador. La regulación del frenado se realiza con facilidad mediante un devanado de excitación. Sin embargo, el fuerte aumento de inercia es un inconveniente.

Motores asíncronos monofásicos

El motor asíncrono monofásico, menos utilizado que su homólogo trifásico, desempeña un papel nada despreciable en las aplicaciones de baja potencia.
A igualdad de potencia, es más voluminoso que un motor trifásico.
Por otra parte, tanto su rendimiento como su coseno φ son mucho más débiles que en el caso del motor trifásico y varían considerablemente en función de la potencia y del fabricante.

Composición

El motor monofásico, al igual que el trifásico, consta de dos partes:

El estator

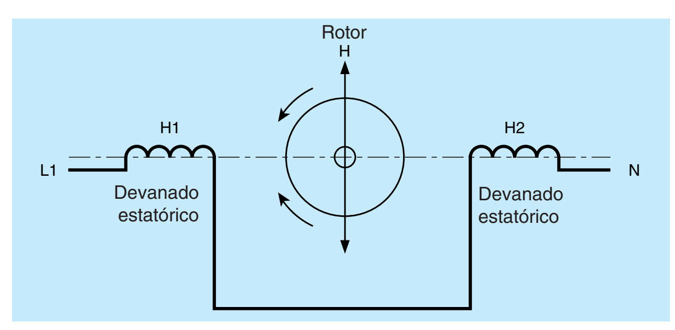
Incluye un número par de polos y sus bobinados están conectados a la red de alimentación.

El rotor

En la mayoría de los casos es de jaula.

Principio de funcionamiento

Considere un estator que incluye dos devanados, L1 y N, conectados a la red de alimentación.
La corriente alterna monofásica engendra un campo alterno simple en el rotor H que es la superposición de dos campos giratorios, H1 y H2, de igual valor y de sentido opuesto.
En el momento de la parada, dado que el estator está siendo alimentado, los campos presentan el mismo deslizamiento con respecto al rotor y, por tanto, producen dos pares iguales y opuestos. El motor no puede arrancar.
Un impulso mecánico sobre el rotor causa la desigualdad de los deslizamientos. Uno de los pares disminuye mientras que el otro aumenta. El par resultante provoca el arranque del motor en el sentido en el que ha sido lanzado.



Principio de funcionamiento de un motor asíncrono monofásico

Modos de arranque

Los motores monofásicos no pueden arrancar solos. Por tanto, se emplean diferentes técnicas para su arranque.

Arranque por fase auxiliar

En este tipo de motores, el estator consta de dos devanados con un decalado geométrico de 9.
Durante la puesta en tensión, y debido a las diferencias de fabricación de los bobinados, una corriente I1 atraviesa la fase principal y una corriente más débil I2 circula por la fase auxiliar con cierta diferencia de tiempo respecto de I1. Dado que los campos están generados por dos corrientes desfasadas entre sí, el campo giratorio resultante es suficiente para provocar el arranque en vacío del motor.
Cuando el motor alcanza aproximadamente el 80% de su velocidad, es posible retirar del servicio (acoplador centrífugo) la fase auxiliar o bien mantenerla. De este modo, el estator del motor está transformado en el momento del arranque o permanentemente, como estator bifásico.
Para invertir el sentido de rotación, basta con invertir las conexiones de una fase.
Dado que el par que se obtiene durante el arranque es débil, conviene aumentar el decalado entre los dos campos que producen los bobinados. Para ello, se emplean los siguientes procedimientos de arranque.

Arranque por fase auxiliar y resistencia

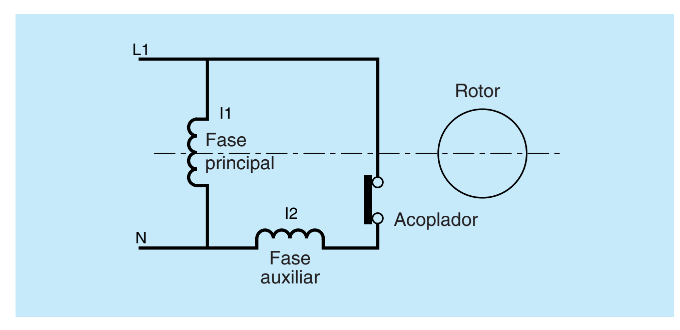
Una resistencia situada en serie en la fase auxiliar aumenta tanto su impedancia como la diferencia de tiempo entre I1 y I2.
Al finalizar el arranque, el funcionamiento es idéntico al del método de fase auxiliar.

Arranque por fase auxiliar e inductancia

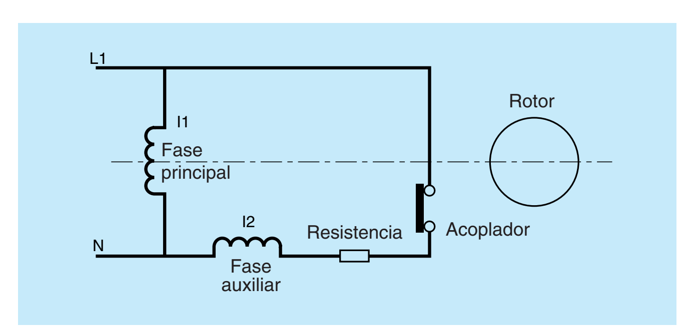
Se utiliza el principio anterior, pero la resistencia se sustituye por una inductancia montada en serie en la fase auxiliar para aumentar la diferencia entre las dos corrientes.

Arranque por fase auxiliar y condensador

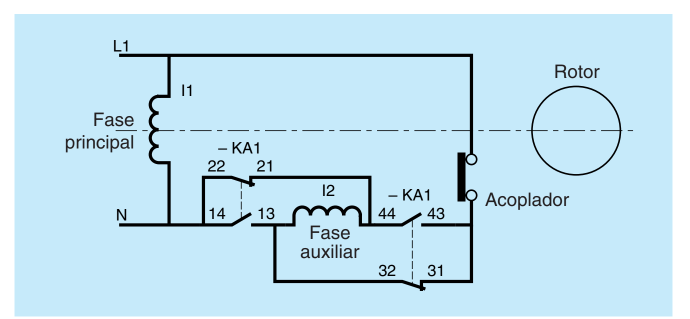
Es el dispositivo más utilizado. Consiste en situar un condensador en la fase auxiliar.
El condensador provoca un desfase inverso al de una inductancia. Por tanto, el funcionamiento durante el período de arranque y la marcha normal es muy similar al de un motor bifásico de campo giratorio. Por otra parte, tanto el par como el factor de potencia son más importantes.
Una vez arrancado el motor, es necesario mantener el desfase entre ambas corrientes, pero es posible reducir la capacidad del condensador, ya que la impedancia del estator ha aumentado.



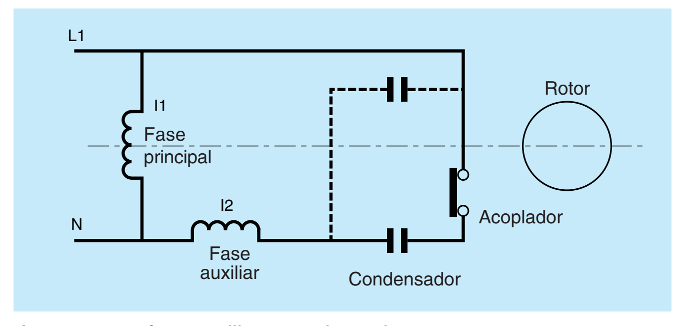
Arranque por fase auxiliar



Arranque por fase auxiliar y resistencia



Dispositivo de inversión de conexiones de la fase auxiliar



Arranque por fase auxiliar y condensador

2

Motores de corriente continua

Los motores de corriente continua de excitación separada siguen siendo ampliamente utilizados para accionar máquinas a velocidad variable. Muy fáciles de miniaturizar, se imponen en las potencias muy bajas.
Se adaptan igualmente bien a la variación de velocidad con tecnologías electrónicas simples y económicas, a las aplicaciones en las que se requiere un alto rendimiento e incluso a las potencias elevadas (varios megavatios).
Sus características también permiten regular con precisión el par, tanto en modo motor como en modo generador. Su velocidad de rotación nominal puede adaptarse fácilmente mediante fabricación a todo tipo de aplicaciones, ya que no depende de la frecuencia de la red.
En cambio, son menos robustos que los motores asíncronos y requieren un mantenimiento regular del colector y de las escobillas.

Composición

Los motores de corriente continua se componen de los siguientes elementos:

El inductor o estator

Es un elemento de circuito magnético inmóvil sobre el que se bobina un devanado para producir un campo magnético. El electroimán resultante consta de una cavidad cilíndrica entre sus polos.

El inducido o rotor

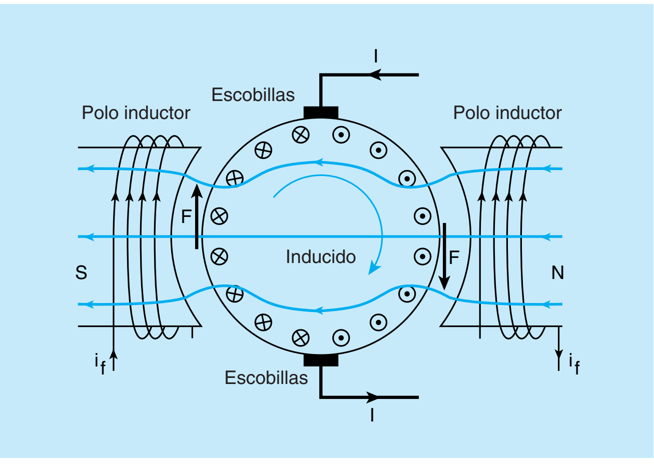
Es un cilindro de chapas magnéticas aisladas entre sí y perpendiculares al eje del cilindro. El inducido es móvil en torno a su eje y queda separado del inductor por un entrehierro. A su alrededor, varios conductores se reparten de manera regular.

El colector y las escobillas

El colector es solidario del inducido, las escobillas son fijas. Los conductores del inducido se alimentan por medio de este dispositivo.

Principio de funcionamiento

Cuando se alimenta el inductor, se crea un campo magnético en el entrehierro en la dirección de los radios del inducido. El campo magnético “entra” en el inducido por el lado del polo norte del inductor y “sale” por el lado del polo sur.
Cuando se alimenta el inducido, dos corrientes de mismo sentido recorren sus conductores, situados bajo un mismo polo inductor (de un mismo lado de las escobillas). Por tanto, según la ley de Laplace, los conductores quedan sometidos a una fuerza de igual intensidad y de sentido opuesto. Ambas fuerzas crean un par que hace girar el inducido del motor.



Producción de un par en un motor de corriente continua

Cuando se alimenta el motor a una tensión continua o rectificada U, se produce una fuerza contraelectromotriz E cuyo valor es E = U – RI.
RI corresponde a la caída de tensión óhmica del inducido.
La fcem E está vinculada a la velocidad y a la excitación mediante la relación $E = k\,\omega\,\phi$, en la que k es una constante propia del motor. Esta relación demuestra que, a excitación constante, la fcem E, proporcional a ω, es una imagen de la velocidad.
La velocidad de un motor de corriente continua se expresa mediante la fórmula n = k E / f.
Para aumentar la velocidad, es necesario aumentar E, la tensión de inducido (por tanto, la tensión de alimentación), y/o disminuir el flujo de excitación (por tanto, la corriente de excitación).
En las máquinas de corriente continua, el par está vinculado al flujo inductor y a la corriente del inducido. El valor del par útil es:
$C = k\,\phi\,I$
Para aumentar la velocidad y mantener el par, es necesario aumentar I y, por consiguiente, la tensión de alimentación.
Al reducir el flujo, el par disminuye.
El funcionamiento de un motor de corriente continua es reversible:
– si se alimenta el inducido, proporciona un par: funcionamiento de tipo motor,
– si el inducido gira sin ser alimentado (por ejemplo, bajo el efecto de una carga arrastrante), proporciona energía eléctrica: funcionamiento de tipo generador.

Distintos tipos de motores de corriente continua

De excitación paralela (separada o shunt)

Los bobinados inducido e inductor se conectan en paralelo. La inversión del sentido de rotación se obtiene generalmente por inversión de la tensión del inducido.

De excitación serie

La construcción de este motor es similar a la del motor de excitación separada. El bobinado inductor se conecta en serie al inducido, lo que da origen a su nombre.
La inversión del sentido de rotación se obtiene indistintamente por inversión de las polaridades del inducido o del inductor.

De excitación serie-paralela (compound)

Concebido para reunir las cualidades de los motores de excitación serie y de excitación paralela.
Este motor consta de dos devanados por cada polo inductor. Uno de ellos se conecta en paralelo con el inducido. Lo recorre una corriente débil con respecto a la corriente de trabajo. El otro se conecta en serie.
El motor es de flujo aditivo si se suman los efectos de los amperios-vuelta de ambos devanados. En caso contrario, es de flujo sustractivo, aunque esta variante no suele utilizarse debido a su funcionamiento inestable con cargas fuertes.

Capítulo 3

El tratamiento de datos constituye el corazón de un equipo de automatismo. Recoge la información procedente de los captadores, de los interfaces de diálogo y de las posibles unidades de tratamiento adicionales, y la utiliza para pilotar y controlar el desarrollo del proceso.

El tratamiento de datos se basa en dos técnicas:

– la lógica cableada,

– la lógica programable.

Los relés de automatismo y los contactores auxiliares son los componentes principales de los equipos de lógica cableada.

La lógica programable se basa principalmente en los autómatas programables. Normalmente, los relés de automatismo y los contactores auxiliares están asociados a estos autómatas, especialmente en los circuitos de parada de emergencia y de seguridad.

Los equipos de automatismo reúnen con frecuencia productos de distinta procedencia y tecnología. Los interfaces permiten interconectar los productos cuando no son compatibles entre sí.

Tratamiento de datos

Lógica cableada

Lógica programable

Protección contra los parásitos

Interfaces

Lógica cableada

La lógica cableada es una técnica de realización de equipos de automatismo en la que el tratamiento de datos se efectúa por medio de contactores auxiliares o relés de automatismo. Estos aparatos también cumplen otras funciones, entre las que cabe mencionar:
– la selección de los circuitos,
– la desmultiplicación de los contactos auxiliares de los contactores, interruptores de posición...,
– de interface para amplificar señales de control demasiado débiles para suministrar energía a los aparatos de elevado consumo,
– etc.
Los contactores auxiliares y los relés de automatismo también suelen utilizarse de manera conjunta con autómatas programables. En este caso, los contactos auxiliares deben garantizar la fiabilidad de la conmutación de corrientes débiles, pocas decenas de mA, en ambientes frecuentemente agresivos (polvo, humedad...).
El funcionamiento de los equipos de lógica cableada se define mediante el esquema de cableado.

Contactores auxiliares

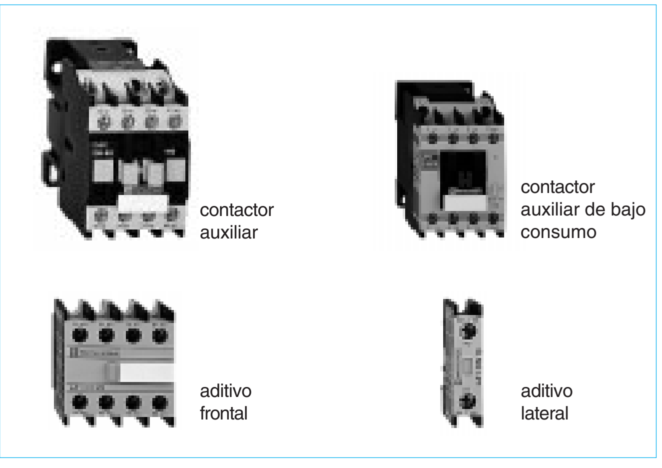
Los contactores auxiliares son aparatos derivados directamente de los contactores de potencia, a los que deben su tecnología. La diferencia reside principalmente en la sustitución de los polos por contactos auxiliares con una corriente térmica convencional de 10 A. Esta identidad de diseño y presentación con los contactores de potencia (por ejemplo, los contactores de la serie D y los contactores auxiliares de la serie D de Telemecanique) permite la creación de conjuntos de equipos homogéneos, de fácil instalación y uso.
Los contactores auxiliares constan de cuatro contactos instantáneos NA o NC, o de dos contactos instantáneos y dos contactos solapados NA y NC. Pueden incluir un circuito magnético de corriente alterna o continua.
Existen las siguientes versiones:
– de retención mecánica,
– de bajo consumo.
Admiten los mismos aditivos que los contactores de los que proceden: instantáneos, temporizados neumáticos de trabajo o reposo, temporizados electrónicos de trabajo o reposo, módulos de antiparasitado, bloque de retención mecánica.
Todos los aditivos se montan por simple presión.

Aditivos instantáneos estándar

Existen dos versiones disponibles:
– aditivos frontales de 2 o 4 contactos NA o NC,
– aditivos laterales de 2 contactos NA o NC.
Los aditivos laterales permiten liberar el frontal de los contactores para hacer posible la instalación de un aditivo temporizado o de un bloque de retención mecánica, o por si fuera necesario reducir la profundidad de los equipos.

Aditivos instantáneos con contactos estancos

Los aditivos con contactos estancos IP 54 garantizan la fiabilidad de las conexiones contactor/autómata programable en ambientes industriales duros (polvo de cemento, escayola, madera, etc.). Existen dos versiones disponibles:
– contactos de Plata para señales de bajo nivel, 17 a 50 V/5 a 500 mA,
– contactos de Oro para señales de muy bajo nivel, 3 a 24 V/ 0,5 a 50 mA.



Contactores auxiliares de la serie d y aditivos

Aditivos temporizados neumáticos

Son aditivos frontales que se montan por simple presión, al igual que los aditivos instantáneos.
Están dotados de un contacto inversor NA/NC o de dos contactos NA y NC, y de un tornillo frontal de reglaje de la temporización.
Existen tres gamas de temporización disponibles: 0,1 a 3 s, 0,1 a 30 s y 10 a 180 s.
La temporización se obtiene por corriente de aire en un surco de longitud regulable. El aire se recicla y filtra, lo que hace que los productos sean insensibles a la polución ambiental (1).

♦ Temporización de trabajo
En el momento del cierre del circuito magnético, los contactos basculan una vez transcurrida la temporización, que se regula por medio del tornillo.
En el momento de la apertura vuelven automáticamente a su posición original.

♦ Temporización de reposo
En el momento del cierre del circuito magnético los contactos basculan de manera instantánea.
En el momento de la apertura vuelven a su posición original una vez transcurrida la temporización.

Cámara B
Dedo del circuito magnético
Orificio D
Membrana
Cámara C
Resorte motor A
Surco del disco fijo
Salida de aire
(1)
(2)
Entrada de aire
Surco del disco móvil
Filtro
(1) Tiempo corto
(2) Tiempo largo
Contacto

Principio de funcionamiento de un aditivo temporizado neumático

Aditivos temporizados electrónicos

Son aditivos que se montan directamente sobre las bornas de la bobina y se conectan sin cableado adicional. Están disponibles en versiones de Trabajo y Reposo, cada una de ellas con varias gamas de temporización.
Los aditivos temporizados electrónicos retrasan la ejecución de una orden de accionamiento o desaccionamiento dada por un contacto de control a la bobina a la que están asociados.
Ejemplos de aplicaciones: arranque o parada en cascada temporizada de varios motores a partir de una sola orden, parada diferida de una bomba de lubrificación, eliminación de los efectos de los posibles rebotes del contacto de control, etc.

Bloque de retención mecánica

Este aditivo frontal mantiene el contactor en posición cerrada ante la ausencia de una señal de control en el circuito de la bobina. El desenganche se obtiene por impulso eléctrico o manual.

(1) El principio de funcionamiento de un temporizador neumático de reposo se explica a continuación (ver el diagrama adjunto):
– activación del temporizador
Al cerrarse, el circuito magnético de control comprime el resorte A y la membrana. El aire de la cámara B se expulsa a la cámara C por el orificio D, que se abre brevemente. El contacto bascula instantáneamente.
– inicio de la temporización
Al abrirse el circuito magnético de control, el resorte A repele la membrana y crea una depresión en la cámara B. El aire de la cámara C vuelve a la cámara B a través de un filtro de metal sintetizado. Su velocidad se regula mediante un surco de longitud variable practicado entre dos discos.
La temporización es el resultado de la variación de posición relativa de los dos discos, que se obtiene por medio del tornillo de reglaje.
– final de la temporización
Al finalizar la operación, el contacto bascula y vuelve a su posición inicial.



Aditivos de los contactores de potencia y auxiliares de la serie D

Relés temporizados electrónicos

Estos aparatos compactos constan de:
– un oscilador que proporciona impulsos,
– un contador programable en forma de circuito integrado,
– una salida estática o de relé.
Es posible ajustar el contador mediante un potenciómetro situado en la parte frontal del aparato y graduado en unidades de tiempo. Cuenta los impulsos que siguen al cierre (o la apertura) de un contacto de control. Al alcanzar el número de impulsos, es decir, una vez transcurrida la temporización, genera una señal de control hacia la salida.

Aparatos de salida estática

Existen dos versiones disponibles, Trabajo y Reposo, con distintas gamas de temporización. Estos relés se conectan directamente en serie con la carga cuya puesta en tensión o retirada se retrasa.

Aparatos de salida de relé

Existen las siguientes versiones disponibles:
– temporizados de Trabajo, de Reposo o de Trabajo y Reposo,
– de contacto de paso,
– intermitentes de arranque en fase de trabajo o de reposo,
– temporizados para arrancadores estrella-triángulo,
– multifunción que reúnen las funciones de los relés anteriores.
Todos estos relés permiten seleccionar varios rangos de temporización mediante un conmutador.
Ciertos modelos disponen de los siguientes controles y reglajes remotos:
– puesta en marcha del temporizador por contacto exterior,
– suspensión momentánea de la temporización por contacto exterior,
– ajuste de la temporización por potenciómetro exterior.

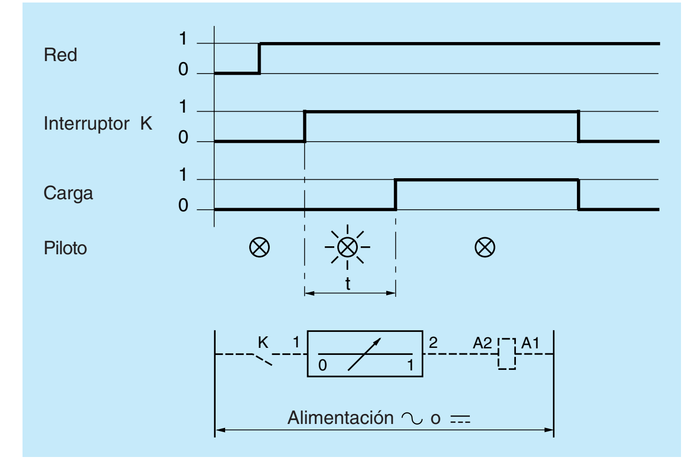


Diagrama secuencial y conexión de un temporizador de trabajo

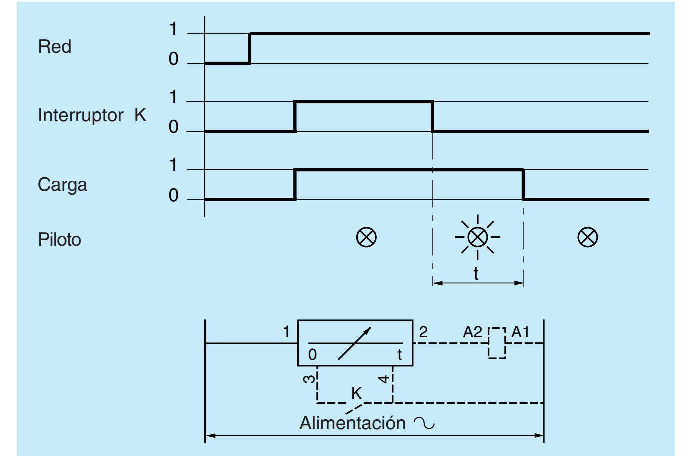


Diagrama secuencial y conexión de un temporizador de reposo



Temporizadores electrónicos

Diseño de los contactos auxiliares

Una de las funciones de los contactos auxiliares que se utilizan en los equipos de automatismo electrónico es la conmutación de las entradas de los autómatas programables. En este tipo de aplicación, las condiciones eléctricas se caracterizan por:
– generalmente, una tensión de 24 VCC y corrientes comprendidas entre 5 y 15 mA,
– la posible presencia de un mando de conmutación estático conectado en serie al circuito,
– una carga de tipo resistivo.
Los riesgos de contactos defectuosos crecen cuanto menores son la tensión y la corriente de empleo. La noción de fiabilidad adquiere una importancia especial desde el momento en que se trata de asociar contactos auxiliares y autómatas programables.

Fiabilidad de un contacto

La fiabilidad de un contacto es la probabilidad estadística de garantizar su función libre de fallos durante un período dado, en determinadas condiciones de uso y ambientales. Se expresa mediante la **tasa de fiabilidad**, o **tasa de fallos**, proporcional a la relación d/M, en la que “d” es la suma de los fallos y “M” el producto del número de contactos por el número de ciclos de maniobras.

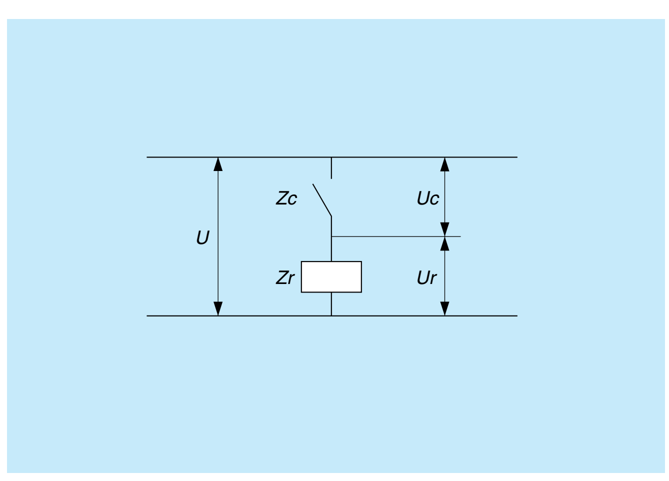
Causas de fallo de los contactos

Un contacto falla cuando su resistencia Rc en posición cerrada provoca una caída de tensión igual o superior a un valor específico. Esta caída de tensión Uc en las bornas del contacto es tal que la diferencia del potencial Ur en las bornas del receptor cae por debajo del umbral de funcionamiento admisible.
Este tipo de fallos tiene tres causas principales:
– presencia de partículas aislantes entre las superficies de contacto. Generalmente, se trata de polvos residuales del producto (desgaste de los materiales) o que provienen del exterior,
– aparición de una pantalla aislante por depósito de capas homogéneas sobre las superficies de contacto (aceites, disolventes, humos grasos, etc.),
– formación de películas aislantes (sulfuros, óxidos, cloruros, polimerización de sustancias orgánicas, etc.) en las superficies de contacto como consecuencia de las reacciones fisicoquímicas que tienen lugar en ambientes industriales especialmente agresivos.
Estos fenómenos suelen verse amplificados por la presencia de humedad o por una temperatura ambiente elevada.

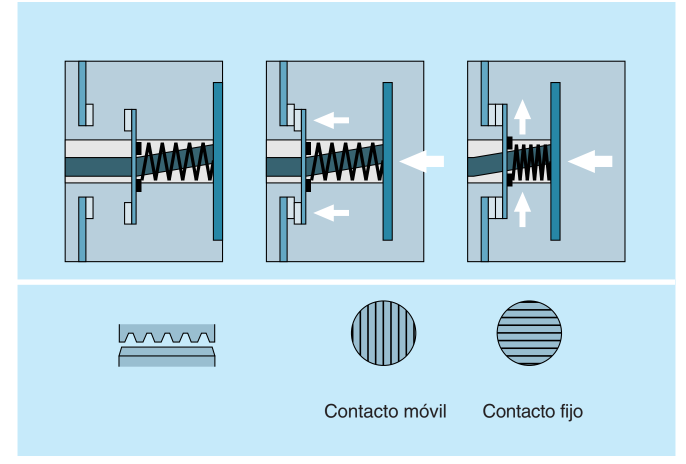
Diseño de los contactos auxiliares

Los contactos estriados frotantes, técnica utilizada por Telemecanique en la fabricación de sus contactos auxiliares, representan una importante mejora de la fiabilidad.
Gracias al deslizamiento de los contactos móviles sobre los fijos desde el momento del impacto, las capas aislantes se rompen y las partículas que se encuentran en la zona de contacto se eliminan.
El estriado de los contactos completa el efecto de autolimpieza por deslizamiento. Facilita la ruptura de las capas superficiales aislantes así como la evacuación de las partículas y los residuos de las zonas de paso de corriente.
El estriado realiza además un contacto multipunto, lo que aumenta la probabilidad de no cerrar simultáneamente todos los puntos sobre partículas aislantes.
La corriente térmica convencional asignada a estos contactos es de 10 A. Se garantiza igualmente la conmutación fiable a corrientes muy débiles, hasta 5 mA a 17 V, en todas las aplicaciones para automatismos de ambientes industriales estándar y terciarios.

3



Caída de tensión en las bornas de un contacto



Diseño de los contactos auxiliares de la serie D

Lógica programable

La lógica programable permite utilizar unidades electrónicas para el tratamiento de datos. El funcionamiento de este tipo de equipos no está definido por un esquema, como en el caso de la lógica cableada, sino por un programa cargado en la memoria de la unidad de tratamiento.
Los autómatas programables son los componentes básicos de los equipos electrónicos de automatismo. Hicieron su aparición en los Estados Unidos en 1969 como respuesta a la demanda de los fabricantes de automóviles. Deseaban automatizar sus fábricas con un material capaz de adaptarse a los cambios de fabricación, más sencillo y económico que los sistemas cableados que se empleaban masivamente hasta entonces.
En la actualidad, existen numerosos modelos de autómatas programables: desde los nanoautómatas, que se adaptan a las máquinas e instalaciones simples con un número reducido de puertos de entrada/salida, hasta los autómatas multifunción, capaces de gestionar varios millares de puertos de entrada/salida y dedicados al pilotaje de procesos complejos.

Definición de un autómata programable

Un autómata programable es una máquina electrónica especializada en el pilotaje y el control en tiempo real de procesos industriales y terciarios. Ejecuta una serie de instrucciones introducidas en su memoria en forma de programa y, por tanto, se asemeja a las máquinas de tratamiento de la información. No obstante, existen tres características fundamentales que lo diferencian claramente de las herramientas informáticas como los ordenadores que se utilizan en las empresas y el sector terciario:
– pueden conectarse directamente a los captadores y preaccionadores mediante sus puertos de entrada/salida para equipos industriales,
– su diseño permite que funcionen en ambientes industriales duros (temperatura, vibraciones, microcortes de la tensión de alimentación, parásitos, etc.),
– por último, la programación se basa en lenguajes específicamente desarrollados para el tratamiento de funciones de automatismo, de modo que ni su instalación ni su uso requieren conocimientos de informática.

Estructura básica

La estructura básica de un autómata programable se fundamenta en tres elementos funcionales principales: procesador, memoria y entradas/salidas “Todo o Nada”.
El enlace eléctrico de estos elementos se realiza por medio de un bus. Un bloque de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento del conjunto.

Procesador

El cometido principal del procesador, o unidad central (UC), consiste en tratar las instrucciones que constituyen el programa de funcionamiento de la aplicación. Además de esta tarea, la UC desempeña las siguientes funciones:
– gestión de entradas/salidas,
– control y diagnóstico del autómata mediante una serie de pruebas que se ejecutan en el momento del encendido o cíclicamente, durante el funcionamiento del sistema,
– diálogo con el terminal de programación, tanto durante las fases de escritura y depuración del programa como durante su explotación, para realizar tareas de verificación y ajuste de datos.
Uno o varios microprocesadores ejecutan las funciones mediante un microsoftware previamente programado en una memoria de control o de sistema. Esta memoria muerta define la funcionalidad del autómata y no es accesible para el usuario.

Memoria de usuario

Permite almacenar las instrucciones que conforman el programa de funcionamiento del automatismo y los datos, que pueden ser de los siguientes tipos:
– información susceptible de variar durante la ejecución de la aplicación. Por ejemplo, resultados de cálculos realizados por el procesador que se guardan para su uso posterior. Estos datos se denominan variables internas o palabras internas,
– información que no varía durante la ejecución pero que el

usuario puede modificar: textos que se muestran, valores de preselección, etc. Se denominan palabras constantes,
– memorias de estado de las entradas/salidas, actualizadas por el procesador en cada turno de escrutación del programa.
El elemento básico de la memoria es el bit (abreviatura del inglés *binary digit:* dígito binario), que admite dos estados lógicos: 0 y 1. Los bits se agrupan en palabras (16 bits) o en bytes (8 bits) que se identifican mediante una dirección.
Para cada una de las partes (programa y datos), el volumen de la memoria se expresa en K palabras (1 K palabra = 2^{10} palabras = 1024 palabras) o en K bytes.
Los autómatas programables utilizan dos tipos de memoria:
– **memoria viva**, o memoria RAM (Random Access Memory: memoria de acceso aleatorio). El contenido de este tipo de memoria puede leerse y modificarse en cualquier momento, pero se pierde en caso de falta de tensión (memoria volátil). Por tanto, necesita una batería de seguridad.
La memoria viva se utiliza para escribir y poner a punto los programas y para almacenar los datos.
– **memoria muerta,** cuyo contenido se conserva (no volátil) en caso de falta de tensión y que sólo puede leerse. Su escritura requiere el borrado total previo por medio de un procedimiento especial externo al autómata, por rayos ultravioletas (memorias EPROM y REPROM) o eléctrico (memorias EEPROM). Se utilizan para almacenar los programas previamente depurados.
La memoria de programa se ubica en uno o varios cartuchos que se insertan en el módulo procesador o en un módulo de ampliación de memoria. La memoria de datos, y en ocasiones la memoria de programa, se integra en el procesador (memoria “on board”).

Entradas/salidas TON

Las entradas/salidas TON garantizan la integración directa del autómata en el entorno industrial. Sirven como enlace entre el procesador y el proceso. Todas cumplen una doble función básica:
– función de interfaz para recibir y tratar señales procedentes del exterior (captadores, pulsadores, etc.) y para emitir señales hacia el exterior (control de preaccionadores, pilotos de señalización, etc.). El diseño de estos interfaces, con aislamiento galvánico o desacoplamiento optoelectrónico, asegura la protección del autómata contra señales parásitas.
– función de comunicación para el intercambio de señales con la unidad central por medio de un bus de entradas/salidas.

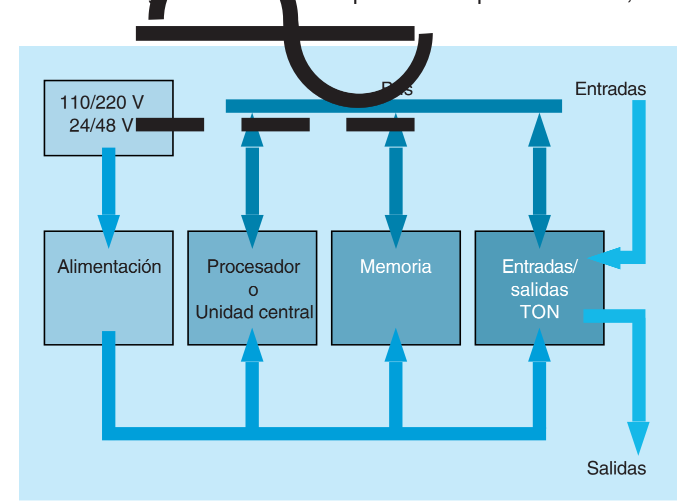
Bus

El bus consiste en un conjunto de conductores que enlazan entre sí los distintos elementos del autómata. En el caso de los autómatas modulares, se emplea un circuito impreso situado en el fondo del rack que consta de conectores a los que se enchufan los distintos módulos: procesador, ampliación de memoria, interfaces y acopladores.
Se organiza en varios subconjuntos que gestionan distintos tipos de tráfico:
– bus de datos para las señales de entrada/salida,
– bus de direcciones de las entradas/salidas,
– bus de control para las señales de servicio, por ejemplo, los topes de sincronización, el sentido de los intercambios, el control de validez de los intercambios, etc.,
– bus de distribución de las tensiones generadas por el bloque de alimentación.

Alimentación

Genera las tensiones internas que se distribuyen a los módulos del autómata a partir de una red de 110 o 220 V en corriente alterna o de una fuente de 24 o 48 V en corriente continua.
Dispone de dispositivos de detección de caídas o cortes de la tensión de la red y de vigilancia de las tensiones internas. En caso de fallo, dichos dispositivos pueden ejecutar un procedimiento prioritario de seguridad.

3



Estructura básica de un autómata programable



Autómata TSX de la serie 7 en una cadena de ensamblaje

Principio de funcionamiento

Formato de una instrucción

Una instrucción es una orden que debe ejecutar el procesador del autómata. Por tanto, debe indicar al procesador “lo que debe hacer” y “con qué debe hacerlo”.
Para ello, toda instrucción consta de dos partes:
– un **código de operación** que indica el tipo de tratamiento: asignar el valor 1 a un bit, incrementar el contenido de una palabra, etc.,
– un **operando** que indica el tipo de objeto, bit o palabra, al que se refiere la instrucción y su dirección en la memoria de datos.

Tratamiento de una instrucción

Un programa se compone de una serie de instrucciones. Una vez identificado el código de operación y situado el operando en la memoria de datos, el procesador ejecuta la instrucción en función del microsoftware programado en la memoria de control. El microsoftware contiene todos los programas de tratamiento del conjunto de instrucciones situadas en la memoria del procesador. El resultado de la instrucción puede utilizarse para actualizar el operando de manera automática o almacenarse en memoria para su uso posterior.
Una vez finalizado el tratamiento de una instrucción, el procesador pasa automáticamente a la siguiente.
El tiempo de tratamiento varía en función de la instrucción y del modelo de autómata. Puede situarse entre algunos centenares de nanosegundos (1 nanosegundo = 1 milmillonésima de segundo), en el caso de instrucciones simples, como examinar un bit o asignarle el valor 0 o 1, y varias decenas de microsegundos (1 microsegundo = 1 millonésima de segundo) en el caso de instrucciones más complejas.

Ciclo de un autómata programable

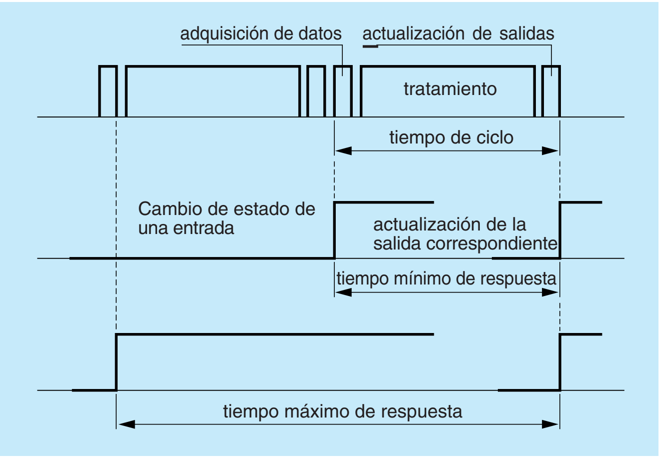
El tiempo de ciclo de un autómata de escrutación cíclica es el tiempo necesario para una ejecución completa del programa. Depende directamente del número y de la naturaleza de las instrucciones que se tratan.
El ciclo consta de tres fases que se ejecutan en este orden:
– adquisición de todas las entradas,
– tratamiento (o escrutación) del programa,
– actualización de todas las salidas.
Se repite automáticamente mientras no se dé orden de parada.
La adquisición previa de entradas tiene como objetivo evitar imprevistos durante el tratamiento. Dado que el estado físico de las entradas puede cambiar durante el ciclo, el tratamiento se lleva a cabo sobre las entradas en estado memorizado y, por tanto, invariable.
La actualización de las salidas se efectúa al finalizar el ciclo, cuando todos los comandos que se transmiten hacia el exterior están definidos.
La adquisición de las entradas y la actualización de las salidas son implícitas, el procesador las lleva a cabo sin necesidad de que el usuario las programe.

Estructuras de tratamiento

Un autómata programable dotado de un solo procesador de estructura monotarea ejecuta secuencialmente el conjunto de los tratamientos. Esta estructura monoprocesador y monotarea es sencilla de instalar y ofrece buenos resultados para automatismos de complejidad baja o media. El tiempo de ciclo no suele superar algunas decenas de milisegundos y el tiempo de respuesta del autómata es, por tanto, compatible con las exigencias del proceso (el tiempo de respuesta de un autómata programable es el tiempo que transcurre entre el cambio de estado de una entrada y el de la salida correspondiente; varía de una a dos veces el tiempo del ciclo).
En el caso de instalaciones complejas que requieren elevados volúmenes de proceso, una estructura monotarea tiende a llevar a tiempos de ciclo, y por tanto de respuesta, que pueden ser inaceptables. Por otra parte, ciertas operaciones deben poder ejecutarse prioritariamente en el momento en que, por ejemplo, se produce un suceso exterior, o bien a intervalos regulares definidos por el usuario. En estos casos una estructura monotarea es completamente inservible. Estas limitaciones han llevado a estructurar los automatismos y los autómatas programables siguiendo un concepto de inteligencia distribuida.
La primera solución consiste en distribuir el proceso entre varios autómatas, lo que sólo es posible si existen medios de comunicación que permitan el intercambio de datos entre los autómatas.

A
I
012
Característica
(I = Entrada)
Dirección
(entrada12)
Código de operación
(A = ET)
Operando
Instrucción

Formato de una instrucción



Ciclo y tiempo de respuesta de un autómata programable

También es posible realizar la distribución en un mismo autómata mediante:
– una estructura multitarea en la que la distribución se realiza íntegramente por software,
– una estructura multitratamiento en la que ciertas funciones se confían a procesadores especializados independientes de la unidad central pero que dialogan con ella.
Ambas formas pueden coexistir en una misma aplicación.

Estructura multitarea

Un programa de aplicación suele constar de subconjuntos que corresponden a distintas funciones: posicionamiento de un móvil, control de un nivel, etc. Un autómata de estructura multitarea permite que cada una de estas funciones se defina como una tarea que puede ser periódica o de interrupción.

♦ Tareas periódicas
Las tareas periódicas se caracterizan por su orden predefinido de prioridad de ejecución y por su periodicidad definida por el usuario. Un autómata multitarea puede gestionar las siguientes tareas periódicas, enumeradas por orden decreciente de prioridad:
– tarea rápida para procesos de corta duración y de alta frecuencia de ejecución, por ejemplo, controlar la posición de un móvil,
– tarea maestra reservada al tratamiento secuencial,
– tareas auxiliares destinadas a tratamientos más lentos, regulación, diálogo con el operador, etc.

♦ Tarea de interrupción
Es la tarea más prioritaria. Se activa mediante sucesos externos que requieren un tratamiento inmediato (llamada de un acoplador inteligente, detección de un defecto, etc.).

♦ Gestión de tareas
Las tareas periódicas pueden quedar interrumpidas en cualquier momento por una tarea de mayor prioridad. Sin embargo, la interrupción no es efectiva hasta el final del tratamiento de la instrucción en curso. La ejecución de la tarea interrumpida se reanuda inmediatamente después de finalizar el tratamiento de mayor prioridad.

El procesador gestiona automáticamente las prioridades y la ejecución de las tareas sin necesidad de programación específica.

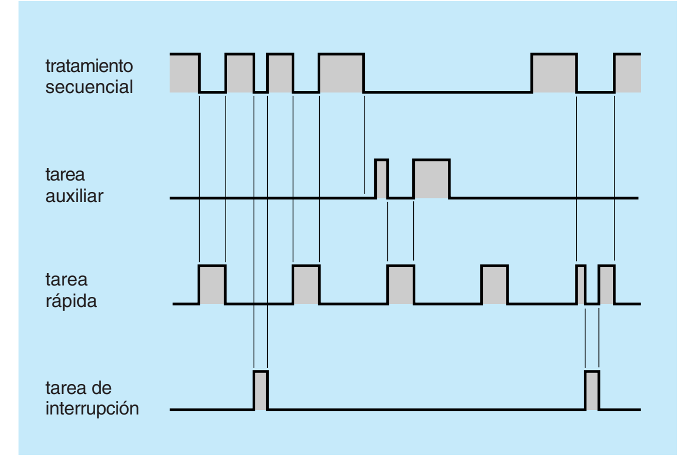
El usuario sólo debe:
– asignar las funciones a las tareas,
– definir las periodicidades,
– asignar las entradas/salidas a las tareas.
Las ventajas de una estructura multitarea son importantes:
– facilidad de diseño y de puesta a punto. Los programas de tratamiento de las distintas funciones pueden diseñarse y ponerse a punto de manera independiente,
– facilidad de evolución de la aplicación. Es posible programar nuevas funciones sin modificar los programas existentes,
– optimización de los tiempos de respuesta, las entradas/salidas asignadas a cada tarea se escrutan al ritmo de la tarea.

Estructura multitratamiento

En las estructuras de multitratamiento, las funciones de medida, de regulación, de control de movimientos, de diálogo y de comunicación se confían a procesadores especializados denominados acopladores aplicación o acopladores inteligentes. Estos acopladores suelen disponer de sus propias entradas/salidas. Garantizan el tratamiento de las funciones con autonomía del procesador del autómata gracias a un software específico preprogramado en sus memorias. El usuario sólo debe configurar los procesadores y proporcionar los parámetros necesarios para que funcionen: valores de umbral, puntos de ralentizamiento y de parada, etc.
Este tipo de estructura descarga el procesador principal, cuyo papel queda limitado, aparte del tratamiento secuencial, a los intercambios con los procesadores especializados: envío de la configuración en el momento del encendido, vigilancia del funcionamiento, recopilación y explotación de los resultados.
Aumenta el rendimiento global del sistema gracias a la simultaneidad de los tratamientos que se efectúan.

Estructura multilenguaje

Se utilizan lenguajes adaptados a cada tipo de tratamiento para la programación de los autómatas: lista de instrucciones, de contactos, Grafcet, literal.
La estructura multilenguaje de los autómatas permite que una misma aplicación y un mismo autómata combinen varios lenguajes y hace posible la elección del más adecuado en función del tipo de tratamiento y de los hábitos del personal.



Estructura multitarea



Manutención de elementos de carrocerías de automóviles

Microautómatas

Los microautómatas son aparatos compactos que integran el conjunto de los componentes básicos de un autómata programable: alimentación, bus, procesador, memoria, entradas/salidas TON. En este tipo de productos, el número y la naturaleza de las entradas y salidas es invariable.
Por ejemplo, éste es el caso de los microautómatas TSX 17 de Telemecanique, equipados con 20, 34 o 40 puertos de entrada/salida TON: entradas de 110 V alterna o 24 V continua, salidas a relé o transistor de 24 V continua. No obstante, es posible ampliar estas configuraciones básicas hasta 160 entradas/salidas por medio de bloques de extensión de 24, 34 o 40 puertos, módulos de ampliación de 8 entradas o 6 salidas, módulos de entrada/salida analógicos y módulos de comunicación. La composición de los bloques y los módulos de ampliación también es invariable.
Estos aparatos pueden programarse en los lenguajes booleano, Grafcet y de contactos.

Nanoautómatas

Similares a los microautómatas en su diseño, los nanoautómatas hicieron su aparición a principios de los años 90. Sus prestaciones y su elevada velocidad de tratamiento, sus dimensiones reducidas (a partir de 105 × 85 mm, profundidad de 60 mm en el caso del autómata TSX07 de Telemecanique), su bajo coste se adaptan particularmente bien a aplicaciones pequeñas.
Los nanoautómatas TSX07 de Telemecanique están equipados con 10, 16 o 24 entradas/salidas TON, entradas de 115 V alterna o 24 V continua, salidas de relé o transistor de 0,5 A. Es posible ampliar estas configuraciones de base mediante la conexión de una extensión de entradas/salidas (hasta un máximo de 48) y de 1 a 3 nanoautómatas esclavos.
Su programación se realiza desde un terminal de bolsillo en lenguaje LIST (lista de instrucciones) o desde un PC compatible en lenguaje de contactos o LIST. La reversibilidad del lenguaje permite pasar directamente de un lenguaje al otro.

Autómatas multifunción

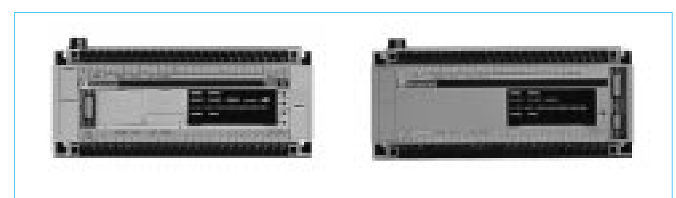
Los autómatas multifunción son de diseño modular. Su configuración básica se compone de un rack que contiene un módulo de alimentación y un módulo procesador. El rack puede alojar acopladores de entrada/salida, acopladores inteligentes, acopladores de comunicación y acopladores de red. Todos estos componentes se conectan al bus situado en el fondo del rack. Dado que los racks de ampliación pueden recibir todo tipo de acopladores, permiten ampliar las configuraciones básicas.
Los autómatas multifunción admiten distintos tipos de procesadores. Su diferencia principal radica en el número y tipo de entradas y salidas que pueden gestionar y en su velocidad de tratamiento. Por ejemplo, los autómatas multifuncionales TSX 7 de Telemecanique admiten 512, 1.024 o 2.048 entradas/salidas TON, entre 0 y 56 acopladores inteligentes y de 1 a 4 acopladores de red. Pueden programarse en los lenguajes Grafcet, de contactos y literal.

Entradas/salidas TON

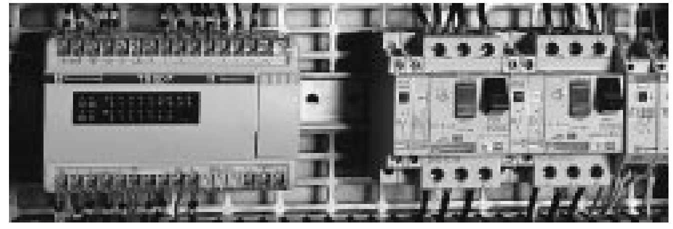
Las entradas/salidas TON se agrupan en los módulos enchufables y desenchufables bajo tensión en los racks de base o de ampliación.
Los módulos de entradas constan de 4, 8, 16 o 32 vías independientes en continua, alterna o NAMUR.
Los módulos de salidas de 4, 8, 16, 24 o 32 vías están equipados con etapas de salida a transistores, triacs o relés.
Normalmente, las salidas TON de los automatismos programables se representan mediante el símbolo de un contacto en los esquemas de automatismo (consultar la aplicación de ejemplo de la página 253).

Entradas/salidas analógicas

Los acopladores de entradas/salidas analógicas agrupan 2, 4, 8 o 16 entradas, o 2 o 4 salidas. Realizan las siguientes funciones:
– detección de umbrales analógicos
La señal analógica se compara a dos umbrales regulables, alto y bajo. El resultado (1 bit de estado por umbral) se envía al programa de usuario. Los acopladores están disponibles



Microautómatas TSX 17



Nanoautómata TSX 07



Acopladores de entradas/salidas TON

en las tres versiones: detectores de umbrales de alto nivel, para termopares y para sondas de resistencia.
– conversión analógica/digital
La señal analógica se convierte en información digital de 12 o16 bits que se suministra al programa de usuario. Estos acopladores pueden adquirir el conjunto de las magnitudes analógicas de las aplicaciones industriales: normalizadas de alto nivel, bajo nivel, termopares, sondas de resistencia.
– conversión digital/analógica
La información digital de 8 o 12 bits proporcionada por el programa de usuario se convierte en señal analógica normalizada de 0-10 V, 4-20 mA o 0-20 mA, para controlar los variadores de velocidad, las válvulas proporcionales, etc.

Acopladores de contaje y de posicionamiento

Estos acopladores permiten liberarse de los tiempos de escrutación de las tareas del autómata. Estos tiempos limitan la frecuencia de contaje en las entradas del autómata a algunas decenas de Hz. Los acopladores de contaje y de posicionamiento, que disponen de sus propias entradas/ salidas, tienen total autonomía con respecto al programa principal. Por consiguiente, admiten frecuencias de contaje que pueden alcanzar varias decenas de kHz.
Las entradas de los acopladores reciben impulsos de contaje o de contaje/descontaje emitidos por detectores de proximidad, codificadores incrementales o codificadores absolutos. Sus aplicaciones son variadas: contaje de piezas o de sucesos, medida de longitud, de velocidad, de duración, control de posición.

Acopladores de control de eje

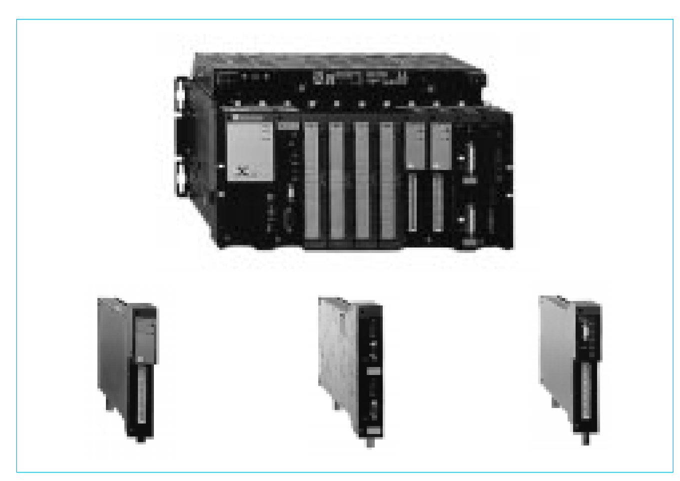
Los acopladores de este tipo regulan la posición de un móvil con un eje lineal y controlan su desplazamiento con aceleración y deceleración constantes según el programa de movimiento. Cuentan con sus propias entradas/salidas y, especialmente, con entradas para codificadores incrementales que permiten medir las distancias recorridas, y de una salida analógica que proporciona una consigna de velocidad a un variador. Se dedican principalmente a las aplicaciones industriales que requieren un control preciso de velocidad y de posición.

Acopladores de comunicación mediante enlace serie asíncrono

Este tipo de acopladores se utilizan principalmente para el intercambio de mensajes entre los autómatas programables y una amplia gama de dispositivos periféricos dotados de un interface de enlace serie asíncrono: impresoras, pantallas de visualización, terminales de operador, etc.

Acopladores de red

Los acopladores de red conectan los autómatas programables a las redes locales industriales. De este modo, los autómatas pueden intercambiar mensajes entre sí, con los sistemas de supervisión, con los ordenadores de gestión de producción, etc.



Autómata Telemecanique TSX 107 y acopladores



Línea de embotellamiento controlada por un autómata TSX 7

Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación permiten introducir en un autómata todos los datos necesarios para gobernar y controlar una máquina o un proceso. Se componen de un juego de instrucciones y se rigen por reglas de sintaxis precisas que definen la forma de escribir, de leer y de mofificar un programa.
Existen varios lenguajes disponibles: LIST, Grafcet, de contactos y literal. Es posible combinarlos en una misma aplicación para encontrar la mejor solución a un problema.

El lenguaje LIST

El lenguaje “ista de instrucciones” se inspira en las reglas del álgebra de Boole. Utiliza instrucciones que realizan operaciones o funciones lógicas simples, tales como Y lógico, O lógico, O exclusiva, etc., y funciones preprogramadas (temporizadores, contadores, paso a paso, registros).
Permite la transcripción directa en forma de lista de instrucciones: de un esquema de contactos, de un logigrama, de una secuencia de ecuaciones booleanas.

El lenguaje Grafcet

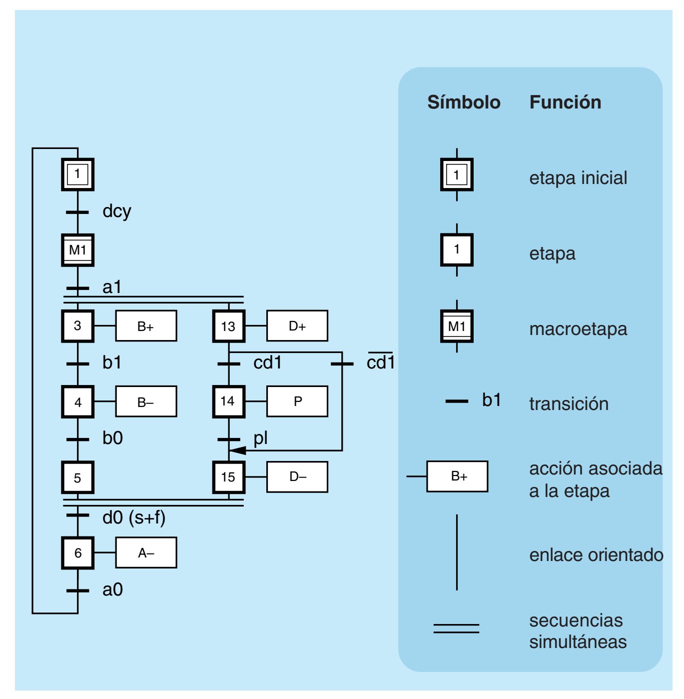
El lenguaje Grafcet permite representar de manera gráfica y estructurada el funcionamiento de un automatismo secuencial. Proviene de un método de análisis basado en la noción de etapas y transiciones unidas mediante enlaces orientados. A las etapas se asocian acciones y a las transiciones, receceptividades.

♦ Etapa
Una etapa caracteriza un estado de la parte de mando con un comportamiento estable. Puede estar activa o inactiva.
Las acciones asociadas a las etapas pueden estar condicionadas o no. Sólo se ejecutan las acciones asociadas a la etapa activa.

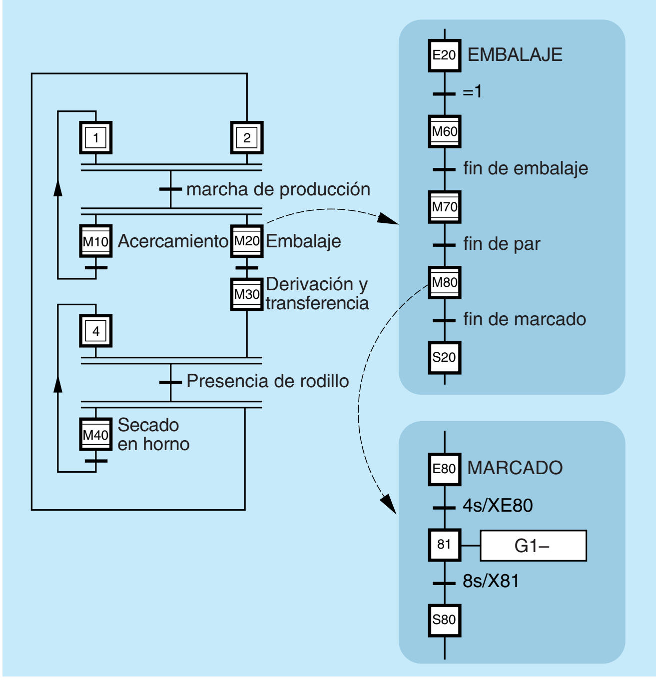
♦ Transición
Una transición indica la posibilidad de evolución de una etapa a la siguiente. Su receptividad asociada es una expresión lógica que agrupa las condiciones (estados de captadores, órdenes de marcha, etc.) necesarias para que evolucione el estado de la parte de mando en un momento dado.
Sólo es posible superar una transición si se cumplen dos condiciones:
– la etapa inmediatamente precedente está activa,
– la receptividad asociada es verdadera.
La transición se supera obligatoriamente cuando se cumplen ambas condiciones simultáneamente. La superación provoca la desactivación de la etapa inmediatamente precedente y la activación de la etapa inmediatamente siguiente.

♦ Enlaces orientados
Vinculan las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas, e indican las vías de evolución del Grafcet.
Por norma, los enlaces se realizan de forma descendente.

♦ Macroetapa
Una macroetapa es la representación condensada y única de un conjunto de etapas y transiciones, caracterizada por una etapa de entrada y otra de salida. Se inserta en un gráfico como si fuera una etapa y respeta las reglas de evolución. El uso de macroetapas facilita el análisis y la estructuración de los programas. Permite representar un gráfico principal que describe el encadenamiento del conjunto de secuencias del automatismo, y detallar todos los niveles de análisis intermedios para descender hasta el nivel elemental más próximo a las señales tratadas por la parte de mando.



Ejemplo de Grafcet



Ejemplo de Grafcet con macroetapas

♦ Funciones complementarias
Además de estos cuatro elementos básicos, el lenguaje Grafcet dispone de instrucciones complementarias, principalmente:
– la derivación en Y para programar la ejecución simultánea de varias secuencias,
– la derivación en O permite seleccionar una secuencia entre varias, el retorno de secuencia o el salto de etapa.

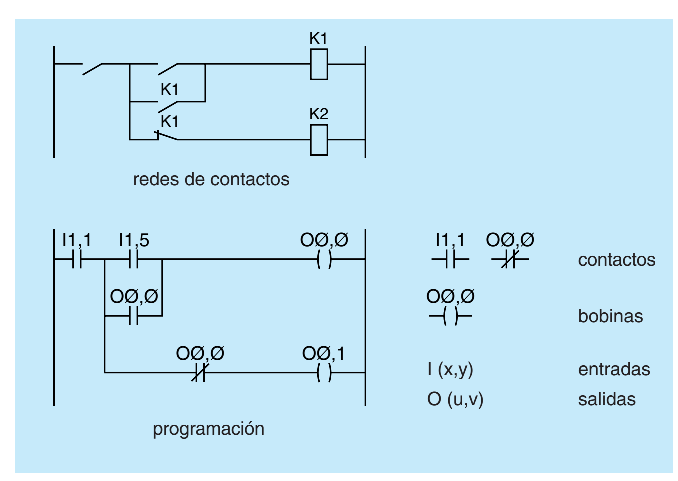
♦ Grafcet de nivel 1
Es un Grafcet funcional que describe el funcionamiento de la instalación sin tener en cuenta la tecnología de los equipos empleados. Constituye una herramienta descriptiva para el pliego de condiciones, en el que tanto las acciones como las receptividades se expresan de forma literaria, en un lenguaje común a todos los participantes. Permite definir claramente la secuencia cronológica de las acciones y las condiciones de regulación y de seguridad que hacen posible el funcionamiento deseado.

♦ Grafcet de nivel 2
También llamado Grafcet operativo, emana directamente del anterior. Tiene en cuenta las particularidades tecnológicas de los equipos (naturaleza y características de los captadores, accionadores, etc.). Las variables del autómata (entradas/salidas, etapas de contadores, resultados de cálculos, etc.) intervienen en la descripción de las acciones y de las receptividades.

♦ Programación en lenguaje Grafcet
Grafcet se limita a garantizar el encadenamiento secuencial de las operaciones. Para describir las condiciones asociadas a las acciones y las receptividades asociadas a las transiciones, es necesario recurrir a otro tipo de lenguaje que se adapte a los tratamientos combinatorios: el lenguaje de contactos o el lenguaje literal.

Lenguaje de contactos

El lenguaje de contactos, también denominado LADDER, es totalmente gráfico y se adapta al tratamiento lógico simple de tipo combinatorio. Utiliza símbolos gráficos de contactos de apertura y cierre y de bobinas. De este modo, un programa escrito en lenguaje de contactos no es una lista de instrucciones, sino el clásico esquema eléctrico desarrollado.
Es posible insertar en las redes de contactos bloques de funciones de temporizadores, contadores, registros, etc., y bloques de operaciones lógicas y aritméticas preprogramados.



Lenguaje de contactos

Lenguaje literal

El lenguaje literal es un lenguaje evolucionado que ofrece al usuario amplias posibilidades: programación de funciones simples, tales como comprobaciones o acciones sobre bits, palabras y bloques de función, y programación de funciones más complejas, tales como operaciones lógicas o aritméticas, manipulación de tablas de datos, etc.
El elemento básico de la programación es la frase literal, que puede ser de tres tipos:
– frase de acción para actuar directamente sobre objetos bit o palabra y realizar una acción o serie de acciones,
– frase condicional en la que las acciones dependen del resultado de una o varias comprobaciones (IF…, THEN…, ELSE…),
– frase iterativa en la que las acciones están condicionadas al resultado de una comprobación y se ejecutan mientras ésta sea verdadera (WHILE…, DO…).

Terminales de programación

Su cometido es la introducción y la puesta a punto del programa. También disponen de funciones de ajuste y de diagnóstico.

♦ Introducción y puesta a punto del programa
Para la introducción, la mayor parte de los terminales funcionan:
– conectados al autómata (funcionamiento en línea). El programa se introduce directamente en la memoria del autómata.
– sin conexión al autómata (funcionamiento autónomo). El programa se introduce en la memoria del terminal y se transfiere más tarde a la memoria del autómata.
El terminal controla la sintaxis durante la introducción y muestra un mensaje en caso de error.
Durante la puesta a punto del programa, el usuario puede ver su desarrollo en pantalla y establecer puntos de interrupción que permiten analizar una situación anómala o identificar el origen de un problema de funcionamiento.

♦ Ajuste y diagnóstico de los autómatas
Todos los terminales de programación permiten ajustar los parámetros de funcionamiento (umbrales, temporización, etc.) durante el uso de los equipos.
El modo de diagnóstico permite visualizar el estado de funcionamiento de los autómatas y localizar rápidamente posibles defectos en las entradas y salidas.



Terminales de programación de los autómatas TSX 7

3

Protección contra los parásitos

Cada vez que se produce el corte de una carga inductiva (por ejemplo, bobina de contactor), sus bornas sufren una sobretensión que puede alcanzar una cresta de varios miles de voltios y una frecuencia de varios MHz. Como consecuencia, los automatismos que constan de equipos electrónicos pueden ver alterado su funcionamiento.
Los dispositivos de antiparasitado permiten reducir el valor de la sobretensión de corte y, de este modo, limitar la energía de las señales parásitas hasta niveles que no perturban a los equipos de su entorno. Su influencia sobre el tiempo de recaída de los contactores suele ser poco importante, a excepción del caso de un circuito de diodo.
Generalmente, se utilizan tres tipos de dispositivos de antiparasitado: el circuito RC, la varistancia y el diodo.

Circuito RC
corte
U1
U2
S2 (con RC)
S1
S1 = S2 = energía restituida
Varistancia
o
Diodo Transil
corte
sobretensión sin cresta
energía restituida
Diodo
corte
tensión de alimentación
energía restituida

Acción de los distintos sistemas de antiparasitado

Origen de los parásitos

La sobretensión derivada del corte de una carga inductiva es un fenómeno transitorio causado por la liberación de la energía almacenada en la bobina (1/2 L**I2**) en el momento del corte.
Una parte de esta energía se libera en el arco eléctrico, a nivel del contacto de control. Una vez extinguido el arco, la energía que subsiste en la bobina genera una circulación de corriente de forma sinusoidal amortiguada. La frecuencia de esta corriente depende de las características de la bobina, que se comporta como un circuito oscilante RLC. La energía residual se disipa por el efecto Joule.
Durante la apertura del contacto de control, el alto nivel de sobretensión provoca un descebado entre los contactos fijo y móvil, y por tanto, el restablecimiento de la tensión de red.
Este fenómeno se produce mientras no se disipe toda la energía almacenada. Provoca una emisión radioeléctrica de alta frecuencia que se propaga por radiación y por acoplamiento capacitivo entre las conexiones.

Dispositivos de antiparasitado

Circuito RC

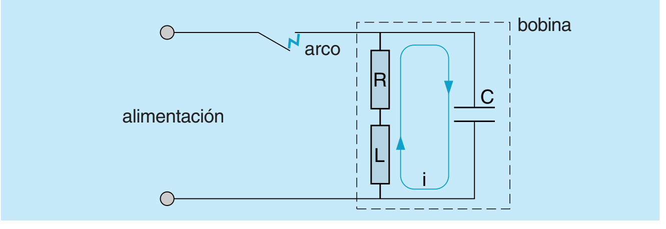
Su uso queda reservado a los electroimanes de corriente alterna. El condensador restablece la frecuencia propia de oscilación de la bobina a 150 Hz aproximadamente y elimina la cresta de sobretensión hasta 3 Un. La resistencia en serie con el condensador limita la corriente solicitada durante el cierre del contacto de control.

Varistancia o diodo Transil

La varistancia se utiliza con electroimanes de corriente alterna o continua. Es un componente cuya resistencia disminuye según una ley no lineal cuando aumenta la tensión de sus bornas. Presenta un codo de avalancha que permite rebajar la sobretensión a 2 Un aproximadamente, pero no modifica la frecuencia de oscilación de la propia bobina.
El diodo Transil bidireccional es un semiconductor que tiene las mismas características que dos diodos Zener montados en oposición. Su ventaja con respecto a la varistancia radica en que sus características no varían a lo largo del tiempo.

Diodo

Frecuentemente llamado “diodo de rueda libre”, sólo puede asociarse a los electroimanes de corriente continua. Es necesario respetar las polaridades. En el momento del corte, la energía almacenada tiende a hacer circular una corriente en el mismo sentido anterior al corte. El diodo permite esta circulación y, gracias a su débil umbral de conducción (< 1 V), evita toda sobretensión en las bornas de la bobina.



Corte de una carga inductiva

Interfaces

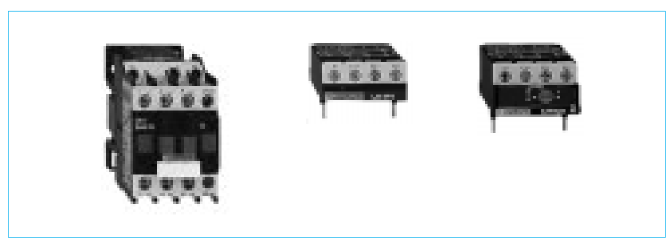
Frecuentemente, los equipos de automatismo unen productos de distinta procedencia y de tecnologías diferentes. La compatibilidad entre estos productos, tanto en el plano eléctrico como en el de los conectores, no se consigue de origen. Por tanto, es necesario utilizar interfaces que proporcionen esta compatibilidad.
Los interfaces de entradas/salidas de los autómatas programables, garantizan, la compatibilidad con gran variedad de captadores y preaccionadores. Cubren, por tanto, un amplio abanico de aplicaciones. Sin embargo, no siempre permiten solucionar los problemas de manera sencilla. Puede ser necesario recurrir a otros sistemas de interface:
– interfaces amplificadores asociados a los contactores o a los contactores-disyuntores,
– interfaces independientes.

Papel de los interfaces

Los interfaces aportan soluciones simples que resuelven una gran variedad de problemas:
problemas de compatibilidad eléctrica
adaptar las tensiones entre dos sistemas, amplificar las señales para el control de receptores que requieren una alta potencia, convertir una lógica negativa en positiva o viceversa...
problemas funcionales
controlar varios circuitos independientes a partir de una misma señal (por ejemplo, regulación y señalización), realizar una separación galvánica, convertir una señal analógica en digital o viceversa, transmitir señales digitales o analógicas a grandes distancias...
problemas de conectores
unir conectores con distintas formas y normas, agrupar todas las conexiones en un bornero para facilitar la instalación y el mantenimiento.

Interfaces amplificadores asociados a los contactores

Una de las principales funciones de las salidas TON de los autómatas industriales es la de control de contactores. Es, por tanto, imprescindible que la corriente máxima disponible en las salidas sea compatible con el consumo de las bobinas. Como consecuencia, la corriente disponible condiciona el calibre máximo de los contactores que pueden conectarse directamente.
Es posible controlar contactores de mayor calibre mediante el uso de amplificadores de corriente. Se conectan sin cableado adicional a las entradas de bobina. Por otra parte, gracias al bajo consumo de los amplificadores, es posible optimizar las configuraciones de los autómatas modulares mediante el uso de módulos de “alta densidad” (32 vías) de salidas estáticas.
Existen las siguientes versiones de interfaces amplificadores:
– amplificadores estáticos de optoacoplador, especialmente adaptados al control de contactores por circuitos de bajo nivel TTL o CMOS,
– amplificadores de relés.
Existen los mismos tipos de interfaces para los contactores-disyuntores.



Contactor y amplificadores de la serie d de Telemecanique

3

Interfaces independientes

Los interfaces independientes pueden dividirse en cuatro familias de productos:
– interfaces para señales TON,
– interfaces para señales analógicas,
– interfaces de cableado,
– componentes periféricos de automatismo.
Están diseñados para su fácil integración en los borneros de los equipos, lo que simplifica las operaciones de puesta en marcha y mantenimiento.
Entre sus muchas aplicaciones, cabe mencionar las siguientes:
– pruebas de buen funcionamiento, separación de comunes, aislamiento galvánico, empleo de detectores de 2 hilos serie, desmultiplicación de señales, etc.,
– extensión del campo de aplicaciones de los microautómatas y de los nanoautómatas cuando éstos no disponen de sus propias entradas/salidas analógicas,
– etc.

Interfaces para señales TON

Se presentan en forma de bornas-relé electromecánicas o estáticas unitarias, y de bases precableadas con 1, 4, 8 o 16 relés electromecánicos o estáticos desenchufables.

Bornas-relé y bases electromecánicas

Las bornas-relé electromecánicas existen en versiones de entrada y salida para asegurar el mejor rendimiento en ambos casos y para facilitar a nivel de los borneros la separación de los conductores que transportan tensiones de distinta naturaleza.
Los relés montados sobre las bases pueden controlarse mediante lógica positiva (asociación con los autómatas programables y con las máquinas de control numérico), o lógica negativa (asociación con PC y tarjetas electrónicas).

Bornas-relé y bases estáticas

Las bornas-relé estáticas también existen en versiones de entrada y salida. Se adaptan especialmente a las aplicaciones que requieren cadencias de conmutación elevadas y un funcionamiento silencioso. Su diseño estático hace que su vida sea prácticamente ilimitada y los hace insensibles a los golpes indirectos y a las vibraciones.
Existen distintas variantes de fases que pueden recibir relés estáticos de entrada o de salida controlados por lógica positiva o negativa.

Interfaces para señales analógicas

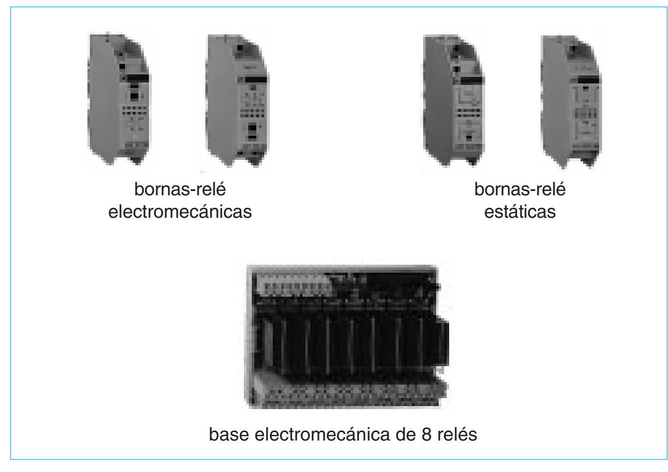
Los interfaces independientes para señales analógicas realizan las siguientes funciones:
– transmisores para sondas Pt 100,
– transmisores de tensión/corriente,
– convertidores analógicos/digitales y digitales/analógicos,
– detectores de umbrales,
– fuentes de referencia para potenciómetros.

Transmisores para sondas Pt 100

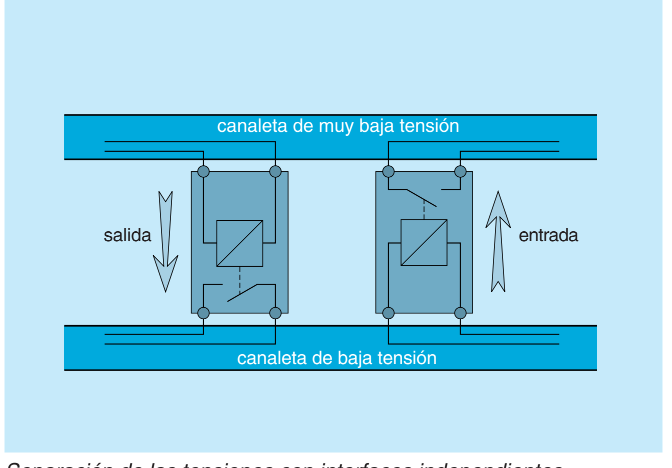
Las sondas Pt 100 son componentes electrónicos cuya resistencia varía de manera lineal con la temperatura. Los transmisores miden de manera continua la resistencia y transforman el resultado en una señal analógica. Existen tres versiones:
– transmisor de 2 hilos
Dado que la resistencia de los cables interviene sobre el resultado de la medida, la distancia entre la sonda y el transmisor debe limitarse a pocos metros. Es adecuado para las aplicaciones que no requieren una gran precisión de medida.
– transmisor de 3 hilos
Corrige los errores de medida que introducen los cables y, por tanto, permite una mayor distancia y precisión de medida.
– transmisor de 4 hilos
Realiza la medida directamente en las bornas de la sonda, lo que elimina cualquier influencia de los cables. Es adecuado para las aplicaciones que requieren gran precisión de medida.

Transmisores de tensión/corriente

Estos interfaces desempeñan las siguientes funciones:
– adaptación de señales analógicas procedentes de captadores para hacerlas compatibles con el receptor (autómata, regulador, central de medidas, etc.),
– adaptación de señales analógicas procedentes de una unidad de tratamiento y destinadas a ser utilizadas en



Bornas-relé y base



Separación de las tensiones con interfaces independientes

consigna por variadores de velocidad, reguladores, etc.,
– aumento de la distancia de transmisión mediante la transformación de una señal de tensión 0-10 V en señal de corriente 0-20 mA o 4-20 mA para obtener una buena inmunidad a los parásitos,
– separación galvánica entre dos componentes o entre señales y fuente de alimentación.

Convertidores analógicos/digitales

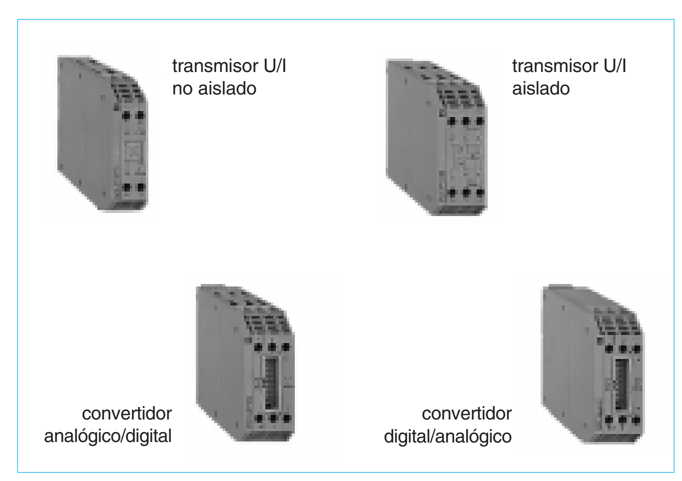
Estos convertidores transforman una señal analógica de 0-10 V, 0-20 mA o 4-20 mA en señal digital de 8 o 12 bits. Realizan la conversión por orden de la unidad de tratamiento, por medio de una señal que valida la adquisición de datos analógicos. Independientemente de las variaciones de la señal analógica de entrada, la señal digital mantiene el mismo valor durante toda la duración de la validación. Este modo de funcionamiento permite el multiplexado de las salidas digitales de varios convertidores sobre las mismas entradas de la unidad de tratamiento.

Convertidores digitales/analógicos

Convierten una señal digital de 8 o 12 bits en señal analógica de 10 V, 0-20 mA o 4-20 mA. Al igual que los convertidores analógicos/digitales, realizan la conversión sobre la señal de validación y pueden multiplexarse.
La señal analógica de salida sigue las variaciones de la señal digital de entrada durante todo el transcurso de la validación. Al desaparecer la validación, mantiene rigurosamente el mismo valor con independencia de las variaciones de la señal digital de entrada hasta que la unidad de tratamiento emita una nueva señal.

Detectores de umbrales

Estos interfaces comparan el nivel de una señal analógica con dos umbrales ajustables por medio de sendos potenciómetros. Entregan dos señales TON que representan los valores de la señal analógica superior o inferior a los umbrales.
Estos productos son adecuados para las aplicaciones de regulación simple (temperaturas, niveles, presiones...). Pueden utilizarse con independencia de cualquier unidad de tratamiento.



Transmisores U/I y convertidores

Fuentes de referencia para potenciómetros

Proporcionan una señal de referencia estable con respecto a las fluctuaciones de la tensión de alimentación y de la temperatura.
Esta señal alimenta un potenciómetro para:
– crear un valor de consigna,
– detectar una posición o un desplazamiento rotativo o lineal.

Interfaces de cableado

Los interfaces de cableado posibilitan la unión eléctrica de aparatos o equipos con distintos modos de conexión (por ejemplo, un cable multihilo dotado de un conector "electrónico" y un equipo cableado hilo a hilo).

Componentes periféricos de automatismo

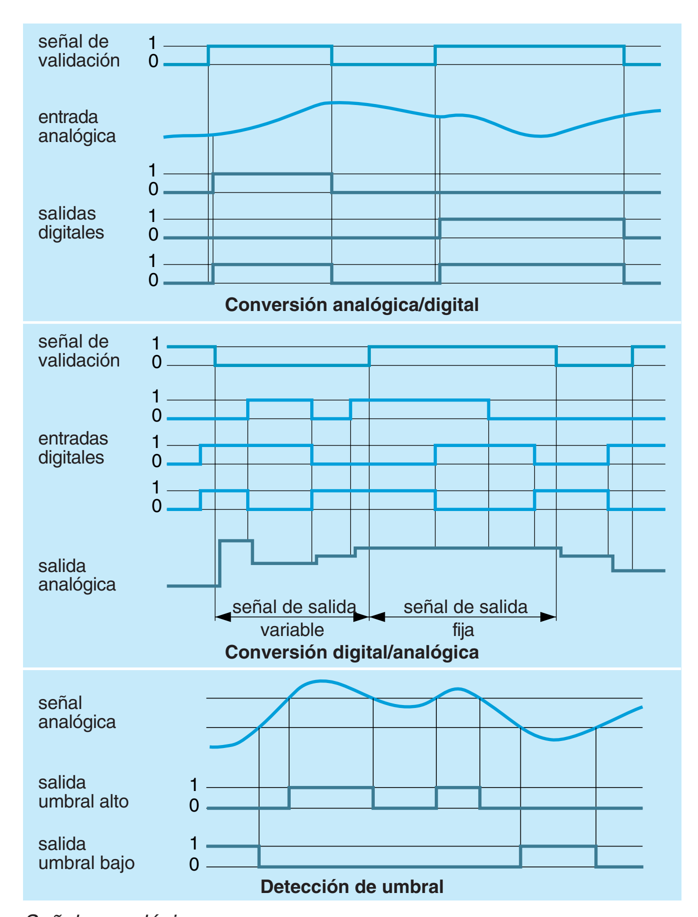
La gama de interfaces independientes puede completarse con alimentaciones para circuitos de control.

Alimentaciones rectificadas y filtradas

Pueden utilizarse cuando los límites de tensión de control de los componentes es suficiente para admitir las posibles variaciones de la tensión de la red de distribución.

Alimentaciones reguladas

Proporcionan una tensión de salida insensible a las variaciones de la tensión de entrada, de la carga y de la temperatura.



Señales analógicas

3

Capítulo 4

La adquisición de datos integra el conjunto de los componentes que proporcionan información sobre el estado de un producto, una máquina o una instalación.
Dichos componentes pueden detectar un estado, controlar un umbral, seguir la posición de un móvil o identificar un objeto y sus características.
En base a su tecnología, los interruptores de posición electromecánicos, los detectores de proximidad inductiva y los detectores fotoeléctricos detectan los estados, controlan la presencia, la ausencia o el paso de un objeto, su color o tamaño, un estado de riesgo...
Los interruptores de flotador, los presostatos y los vacuostatos indican las variaciones de nivel o de presión. Estos aparatos proporcionan información “Todo o Nada” cuando se alcanzan umbrales previamente fijados.
Los codificadores incrementales y absolutos permiten realizar el seguimiento continuo de la posición lineal o angular de un móvil.
Los lectores/descodificadores de códigos de barras hacen posible la identificación óptica.
La identificación inductiva, basada en el uso de etiquetas electrónicas y de terminales de lectura/escritura, añade a la función de detección la posibilidad de memorizar e intercambiar datos detallados con la unidad de tratamiento.

Adquisición de datos

Interruptores de posición electromecánicos

Los interruptores de posición electromecánicos se reparten en dos grandes familias:
– interruptores de control cuyo papel, en el ámbito de los equipos de automatismo, consiste en detectar la presencia o el paso. Se conectan a las entradas de la unidad de tratamiento de datos,
– interruptores de potencia insertados en las fases de alimentación de los accionadores. Generalmente, su función se limita a la seguridad.
Los interruptores de posición electromecánicos se utilizan en variedad de aplicaciones debido a sus numerosas cualidades: seguridad de funcionamiento (fiabilidad de los contactos, maniobra de apertura positiva (1)), alta precisión (fidelidad en los puntos de accionamiento de 0,1 a 0,01 según los modelos), corriente nominal térmica de 10 A, inmunidad natural a las perturbaciones electromagnéticas, facilidad de manejo (fácil instalación y funcionamiento "transparente")...
Los principales factores que determinan la elección de un interruptor de posición de control mecánico son:
– la protección contra los golpes, las salpicaduras...,
– las condiciones ambientales: humedad, polvo, corrosión, temperatura...,
– el espacio disponible para instalar, fijar y ajustar el aparato,
– las condiciones de uso: frecuencia de las maniobras, naturaleza, masa y velocidad del móvil que se controla, exigencias de precisión y fidelidad, posible sobrerrecorrido en uno u otro sentido, esfuerzo necesario para accionar el contacto,
– el número de ciclos de maniobra,
– el número y el tipo de los contactos: ruptura lenta o brusca, posibilidad de ajuste,
– la naturaleza de la corriente, el valor de la tensión y de la corriente que se deben controlar.

(1) En conformidad con la norma IEC 947-5-1, Capítulo 3, la maniobra de apertura positiva "...asegura que todos los elementos de contacto de apertura se encuentran en la posición correspondiente a la posición de apertura del aparato".

Composición de los interruptores de posición

Los interruptores de posición constan de los tres elementos básicos siguientes: un contacto eléctrico, un cuerpo y una cabeza de mando con su dispositivo de ataque.
La mayoría de estos aparatos se componen a partir de distintos modelos de cuerpos dotados de un contacto eléctrico, de cabezas de mando y de dispositivos de ataque. Esta modularidad facilita en gran medida el mantenimiento gracias a la posibilidad de cambiar cualquier elemento con comodidad.

Contacto eléctrico

Es el denominador común de la mayoría de los aparatos. Existen versiones 1 NO/NC, 2 NO/NC simultáneos y 2 NO-NC decalados de ruptura brusca y NO+NC decalados de ruptura lenta.

Cuerpo

Existen varias opciones: normalizado CENELEC o de dimensiones reducidas, fijo o enchufable, metálico o termoplástico, una o varias entradas de cable.

Cabezas de control, dispositivos de ataque

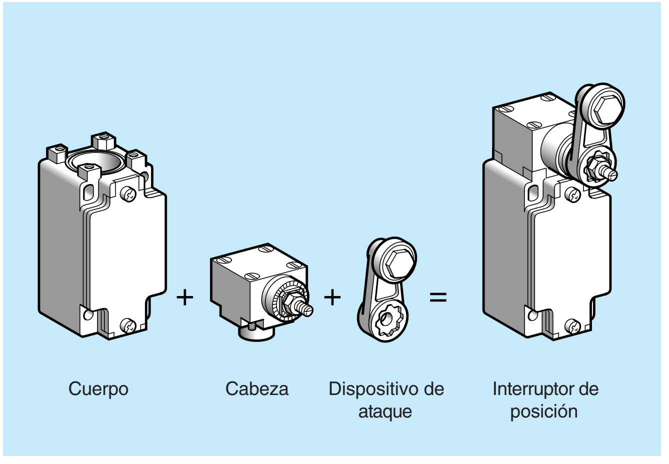
Pueden asociarse numerosos modelos al cuerpo que contiene el elemento de contacto:

♦ Cabezas de movimiento rectilíneo

– pulsador de bola o con rodillo en extremo, lateral con rodillo vertical u horizontal,
– palanca con rodillo de acción horizontal o vertical.

♦ Cabezas de movimiento angular

– palanca con rodillo de termoplástico o acero, longitud fija o ajustable sobre 360° de 5 en 5° o cada 45° por giro de la palanca, acción en uno o ambos sentidos,
– varilla rígida de acero o poliamida, acción en uno o ambos sentidos,
– resorte o varilla de resorte, acción en uno o ambos sentidos,
– lira de una o dos pistas, con rodillos termoplásticos, de posición mantenida,
– multidirecciones, de varilla flexible con resorte o varilla rígida con resorte.
En los modelos de acción en uno o ambos sentidos, la elección del sentido se realiza por simple ajuste de la cabeza.



Composición de un interruptor de posición

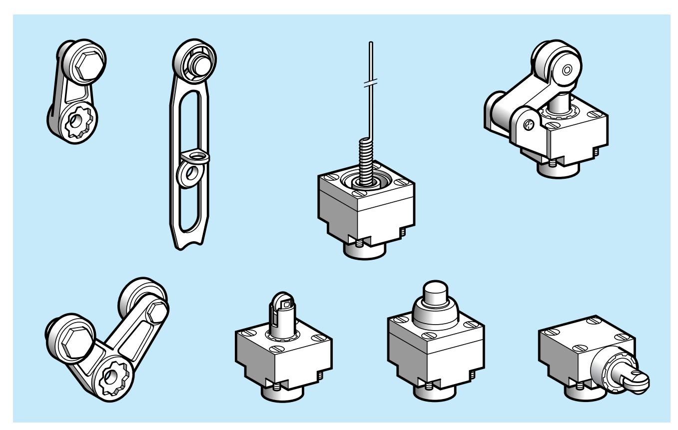
Interruptores de posición para aplicaciones comunes

Existen varios tipos de interruptores, cuyas formas y características se adaptan a la naturaleza de las aplicaciones y a su ambiente. A continuación se describen varios ejemplos representativos.

Aparatos que pueden componerse

Cuerpo metálico

Existe un primer tipo de interruptor, entrada por prensaestopa incorporado, con cuerpo metálico fijo o enchufable. Generalmente, se utiliza en los conjuntos mecánicos de tratamiento o transformación de materiales, donde su robustez y precisión son muy apreciadas.
El segundo tipo de aparato, de cuerpo fijo o enchufable y con entrada roscada para prensaestopa CM12, es conforme a la norma CENELEC EN 50041 (entreejes de fijación de 30 × 60 mm). Es adecuado para las máquinas-herramienta, las máquinas transfer y otras instalaciones de mecanizado en las que la productividad obliga a trabajar con elevadas cadencias de conmutación y, por tanto, con elementos de alta durabilidad eléctrica y mecánica, gran precisión y buena resistencia a los aceites de corte.



Dispositivos de ataque y cabezas de mando

Cuerpo plástico

Este tipo de interruptor también es conforme con la norma CENELEC EN 50041 (entreejes de fijación de 30 × 60 mm). Su cuerpo plástico, dotado de una entrada roscada para prensaestopa CM12, le confiere un doble aislamiento. Es adecuado para los equipos de la industria agroalimentaria y química. Por otra parte, los dispositivos de mando de palanca con rodillo de gran diámetro permiten su uso en instalaciones de mantenimiento, transporte...

Aparatos que no pueden componerse

Cuerpo plástico

Estos interruptores disponen de un cuerpo de plástico con doble aislamiento. Están disponibles con distintos dispositivos de mando (movimiento rectilíneo, angular, multidirección) y se utilizan en los sectores de fabricación y terciario.

Cuerpo metálico

Es un aparato compacto de caja monocuerpo, con distintas longitudes de cable de salida. Su estanqueidad y su excelente resistencia mecánica lo hacen especialmente adecuado para las aplicaciones en entornos difíciles. Por otra parte, sus dimensiones reducidas permiten su integración en emplazamientos de pequeño tamaño.

Interruptores de posición que pueden componerse XC2 y XCK de Telemecanique



Interruptores que no pueden componerse XCM y XCK de Telemecanique

Aparatos para aplicaciones específicas

Aparatos para manutención-elevación

Estos aparatos de cuerpo metálico disponen de dispositivos de ataque de diseño robusto que les permite ser accionados por todo tipo de móviles. Se utilizan principalmente en aplicaciones de elevación y manutención. Los dispositivos de ataque, de movimiento angular, son de vuelta a cero (sólo varilla, varilla o palanca con rodillo), o de posición mantenida (varilla en cruz o en T).
Estos modelos disponen de dos contactos NO/NC de ruptura brusca o de dos contactos NO + NC de ruptura lenta. En ambos casos, los contactos son de maniobra de apertura positiva. Pueden accionarse de tres maneras distintas: dos contactos en cada sentido, dos contactos en un solo sentido, un contacto en cada sentido.

Interruptores para control de cinta

Se utilizan en el control de desvío de cintas transportadoras. Su palanca con rodillo controla un primer contacto NO/NC de ruptura brusca para una inclinación de 10° (señalización del defecto) y un segundo contacto NO/NC de 18° (parada de la cinta). Existen dos versiones disponibles: caja de aleación de aluminio para entornos normales y caja de poliéster preimpregnado para ambientes corrosivos.

Interruptores de potencia

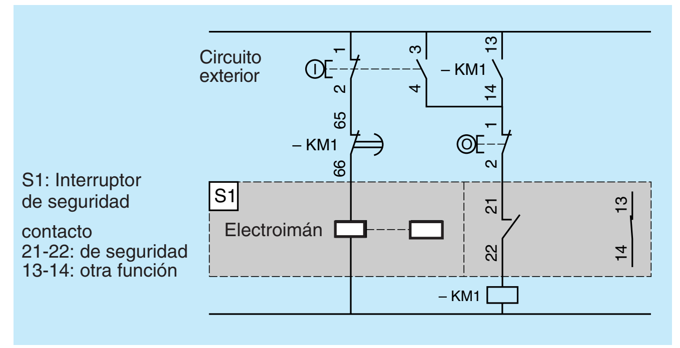
Llamados igualmente interruptores de sobrerrecorrido, se insertan en las fases de alimentación de los accionadores para garantizar una última función de seguridad (por ejemplo, en máquinas de manutención). Bipolares, tripolares o tetrapolares, pueden cortar, según los modelos, hasta 260 A de corriente térmica (1.000 A en modo de funcionamiento especial).

Realizaciones especiales

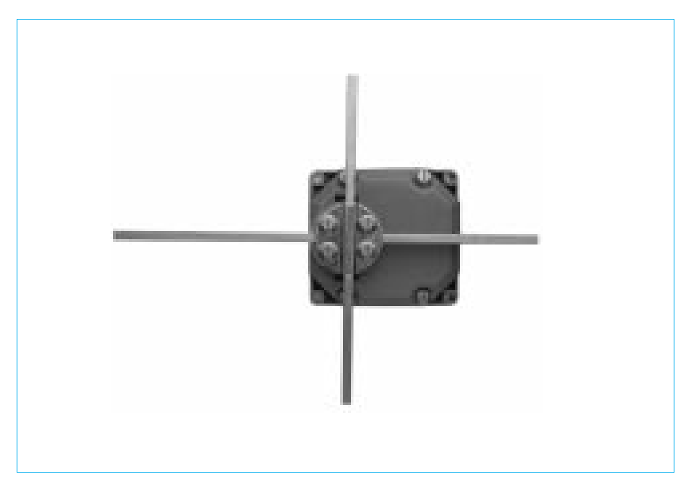
Ciertos interruptores de posición pueden suministrarse a medida para aplicaciones particulares o para entornos fuera de lo habitual: con revestimiento antideflagrante para atmósferas explosivas, con estanqueidad reforzada que confiere una resistencia superior a los agentes externos, para entornos corrosivos...

Interruptores de seguridad

Los interruptores de seguridad garantizan la protección del personal que trabaja con máquinas peligrosas. Se accionan por medio de una llave solidaria a la puerta o a la tapa de protección de la máquina. Al cerrar la puerta o la tapa, la llave entra en la cabeza del interruptor, acciona un dispositivo de enclavamiento múltiple y permite el cierre de un contacto eléctrico NC (contacto de ruptura lenta y maniobra de apertura positiva).
Este contacto no debe controlar el arranque de la máquina en ningún caso. Su función se limita a permitir el arranque, que sólo puede producirse por acción voluntaria sobre los mandos de servicio previstos a tal efecto. Queda, por tanto, excluido que el cierre de un protector provoque la puesta en marcha de una máquina.
La apertura de la puerta provoca el desenclavamiento de la llave y fuerza la apertura del contacto del interruptor.
Existen dos familias de interruptores de seguridad:
– interruptores adaptados a los pequeños protectores,
– interruptores para máquinas de mayores dimensiones, centros de mecanizado...
Ciertos modelos están provistos de pilotos que facilitan el mantenimiento y el uso, y de conectores que permiten una sustitución rápida sin posibilidad de error.
Existe una versión de enclavamiento integrado por electroimán para las máquinas en las que el peligro subsiste después de la orden de parada (inercia, tensión, temperatura, presión...). Esta versión es conforme con la norma NF E 09-052 (desenclavamiento diferido del protector).



Enclavamiento por falta de tensión: conexión recomendada



Interruptores de posición XCR para manutención-elevación



Interruptores de seguridad XCK de Telemecanique

Aparatos de control

Los aparatos de control son un complemento de los componentes electromecánicos. Son indispensables en muchos casos para el buen funcionamiento de las instalaciones y los equipos automáticos.
Estos productos controlan la posición de un móvil, el nivel de un líquido y la presión.

Selector de posición

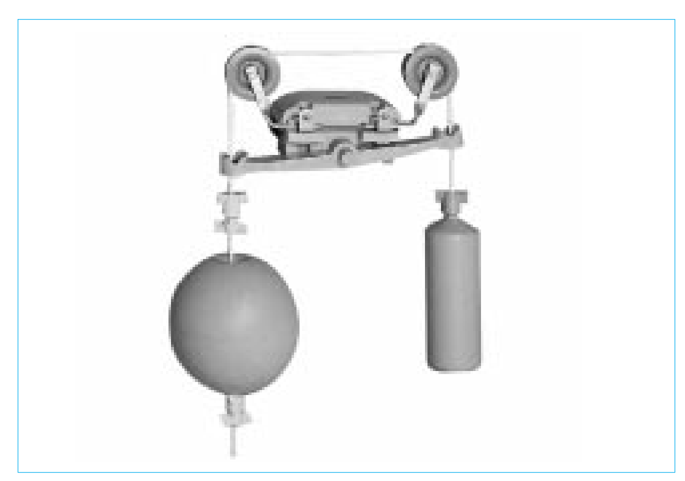
Este aparato se utiliza para controlar la posición de un móvil (el cabrestante en el caso de un puente transbordador).
Se acopla al motor por medio de una cadena y de piñones reductores, y está equipado con contactos auxiliares que se abren o cierran cuando el dispositivo ocupa posiciones muy precisas en el transcurso de su desplazamiento: ralentizamiento previo a la parada, parada en el emplazamiento predeterminado, señalización, final de carrera en los equipos de elevación o manutención.

Interruptor de control de nivel

El interruptor de control de nivel se utiliza principalmente para controlar el arranque y la parada de los grupos de bombas eléctricas y para indicar el nivel del depósito.
Su diseño le permite controlar tanto el punto alto (bomba de desagüe) como el punto bajo (bomba de alimentación).
La elección del modelo depende de las caraterísticas del depósito, de la naturaleza y temperatura del líquido y del ambiente en el que funciona el aparato.
Un interruptor de flotador consta del propio interruptor, en forma de caja estanca que contiene los contactos activados por una palanca de balanza, de un flotador, de un contrapeso y de un cabo o una varilla.



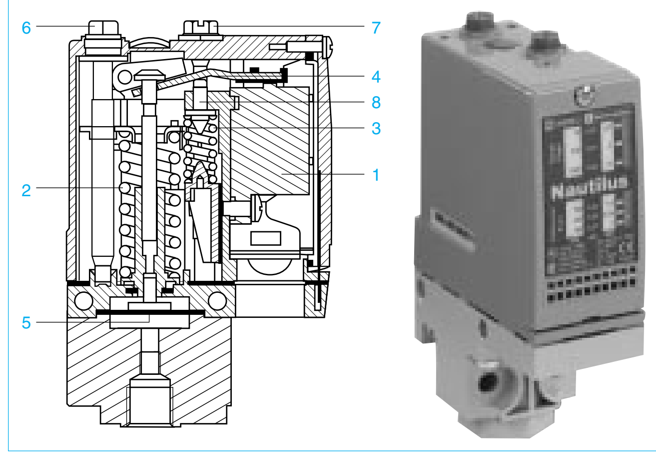
Selector de posición XR2 de Telemecanique



Interruptor de control de nivel

Control de presión.
Presostato - Vacuostato

Estos aparatos permiten regular o controlar una presión o depresión en los circuitos neumáticos o hidráulicos.
Cuando la presión o la depresión alcanza el valor de reglaje, cambia el estado del contacto NO/NC de ruptura brusca.
En el momento en que disminuye la presión o la depresión, teniendo en cuenta el intervalo regulable de ciertos modelos, los contactos vuelven a su posición normal. Los presostatos se utilizan frecuentemente para:
– controlar la puesta en marcha de grupos compresores en función de la presión del depósito,
– asegurarse de la circulación de un fluido lubricante o refrigerador,
– limitar la presión de ciertas máquinas-herramienta provistas de cilindros hidráulicos,
– detener el funcionamiento de una máquina en caso de baja presión.
Los principales criterios de selección son los siguientes:
– tipo de funcionamiento, vigilancia de un umbral o regulación entre dos umbrales,
– naturaleza de los fluidos (aceites hidráulicos, agua, aire...),
– valor de la presión que se controla,
– entorno,
– tipo de circuito eléctrico, circuito de control (el caso más frecuente), circuito de potencia (presostato de potencia).



Presostato XML de Telemecanique

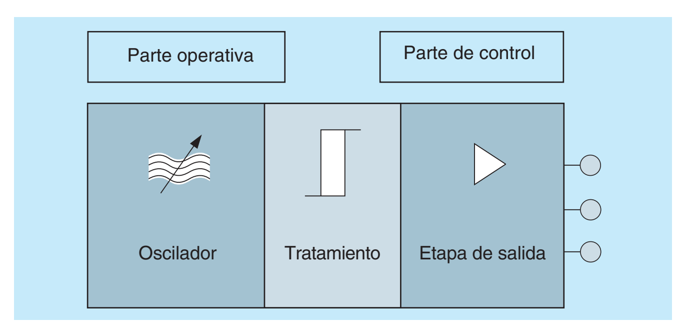
1 Contacto eléctrico tipo ruptura brusca
2 Resorte de reglaje del punto alto
3 Resorte de reglaje del intervalo (únicamente en el modelo XML-B)
4 Palanca de accionamiento del contacto
5 Captador (membrana o pistón) que recibe la presión y transmite el esfuerzo
6 Tornillo de reglaje del punto alto (rojo)
7 Tornillo de reglaje del intervalo (únicamente en el modelo XML-B) (verde)
8 Pulsador

Detectores de proximidad inductivos

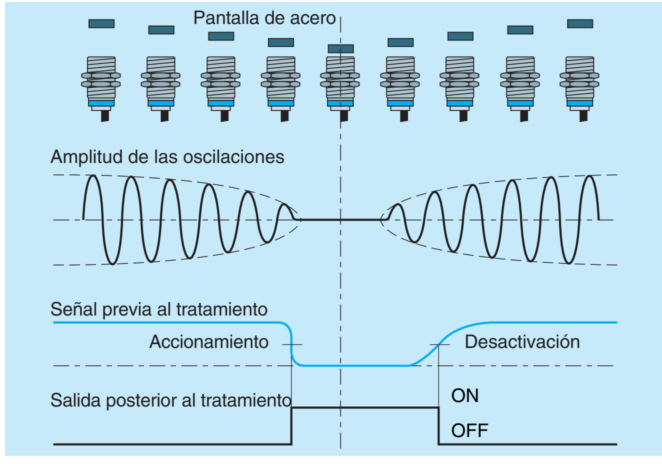
Estos aparatos se utilizan principalmente en aplicaciones industriales. Detectan cualquier objeto metálico sin necesidad de contacto: control de presencia o de ausencia, detección de paso, de atasco, de posicionamiento, de codificación y de contaje.
Los detectores de proximidad inductivos aportan numerosas ventajas:
– compatibilidad con los automatismos electrónicos gracias a la posibilidad de cadencias elevadas,
– durabilidad independiente del número de ciclos de maniobra (ninguna pieza móvil y, por tanto, sin desgaste mecánico, contactos de salida estáticos),
– adaptación a ambientes húmedos, corrosivos y con atascos,
– detección de objetos frágiles, recién pintados, etc.

Composición y funcionamiento

Un detector de proximidad inductivo detecta la presencia de cualquier objeto de material conductor sin necesidad de contacto físico. Consta de un oscilador, cuyos bobinados forman la cara sensible, y de una etapa de salida. El oscilador crea un campo electromagnético alterno delante de la cara sensible. La frecuencia del campo varía entre 100 y 600 kHz según el modelo. Cuando un objeto conductor penetra en este campo, soporta corrientes inducidas circulares que se desarrollan a su alrededor (efecto piel). Estas corrientes constituyen una sobrecarga para el sistema oscilador y provocan una reducción de la amplitud de las oscilaciones a medida que se acerca el objeto, hasta bloquearlas por completo.
La detección del objeto es efectiva cuando la reducción de la amplitud de las oscilaciones es suficiente para provocar el cambio de estado de la salida del detector.



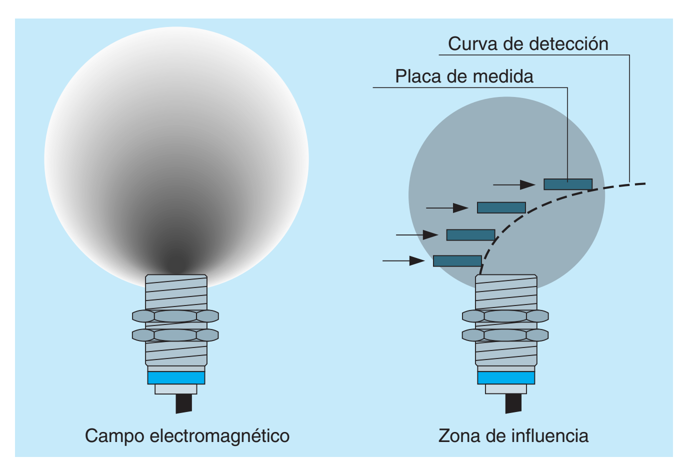
Composición de un detector de proximidad inductivo



Principio de funcionamiento de un detector inductivo

Campo electromagnético y zona de influencia

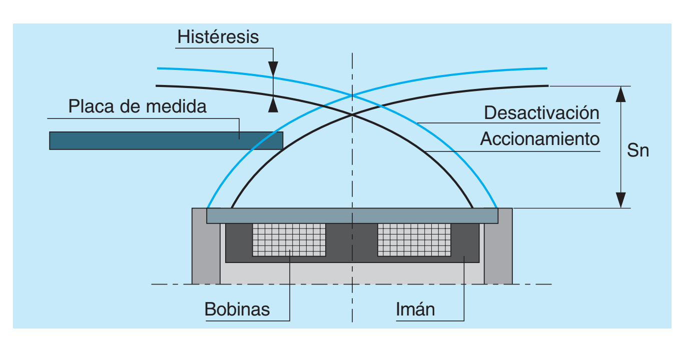
El dibujo lateral representa el campo electromagnético generado por un detector inductivo. La intensidad del campo disminuye rápidamente a medida que se aleja de la cara sensible. La zona de influencia (la zona en la que la intensidad del campo es suficiente para que se produzca la detección) es por tanto más pequeña. Condiciona las distancias que deben respetarse entre aparatos o entre aparatos y masas metálicas.



Campo electromagnético y zona de influencia de un detector

Curvas y distancias de detección

Las curvas y distancias de detección se determinan mediante una placa cuadrada de acero dulce Fe 360 de 1 mm de espesor. El lado del cuadrado es igual al diámetro de la cara sensible (detectores cilíndricos) o al triple del alcance nominal Sn (detectores rectangulares).
Para trazar la curva de detección, la placa se sitúa a distintas distancias de la cara sensible, en paralelo y hasta los puntos de conmutación de la salida. La curva de detección se obtiene por la unión de estos puntos.
La norma IEC 947-5-2 proporciona la terminología utilizada para definir las distancias de detección de los detectores de proximidad inductivos:



Curva de detección de un detector inductivo

Alcance nominal o alcance asignado Sn

Es el alcance convencional que permite designar el aparato y que figura en los catálogos de los fabricantes. No tiene en cuenta las dispersiones (fabricación, temperatura ambiente, tensión de alimentación).

Alcance real Sr

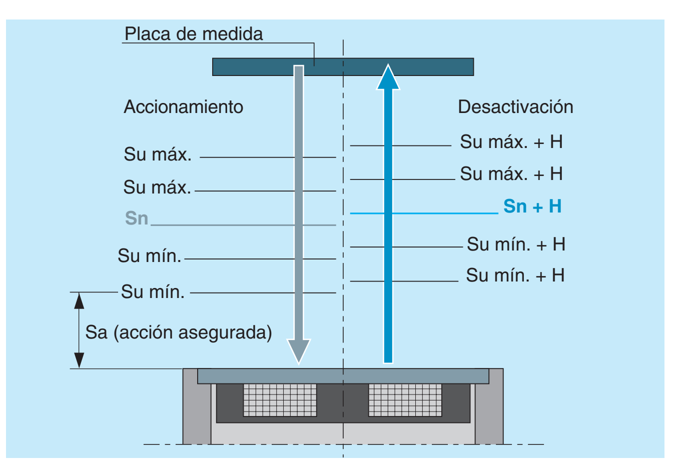
El alcance real Sr se mide bajo la tensión asignada Un y a la temperatura ambiente asignada Tn. Debe estar comprendida entre 90% y 110% del alcance Sn del detector.

$$0{,}9\ Sn \leq Sr \leq 1{,}1\ Sn$$

Alcance útil Su

El alcance útil Su se mide en los límites admisibles de temperatura ambiente Ta y de tensión de alimentación Ub. Debe estar comprendida entre 90% y 110% del alcance real Sr.

$$0{,}9\ Sr \leq Su \leq 1{,}1\ Sr$$



Distancias de detección

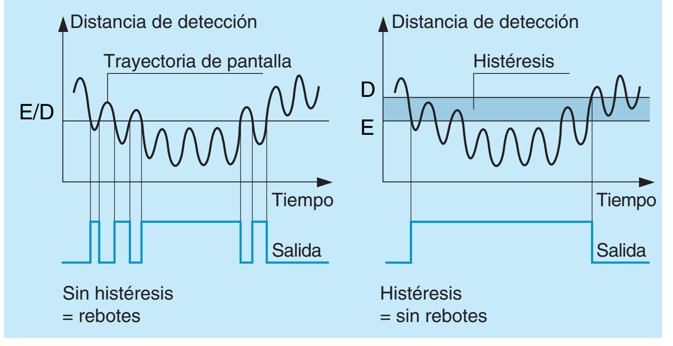
Alcance de trabajo Sa

El alcance de trabajo Sa está comprendido entre 0 y 81% del alcance nominal Sn. Es la **zona de funcionamiento** en la que se asegura la detección de la placa de medida, con independencia de las dispersiones de tensión y temperatura.

$$0 \leq Sa \leq 0{,}9 \times 0{,}9 \times Sn$$

Recorrido diferencial

En una máquina, la trayectoria de la pieza detectada nunca es totalmente uniforme debido a las vibraciones y a los juegos mecánicos. Por esta razón, un solo umbral de accionamiento y desactivación podría tener como

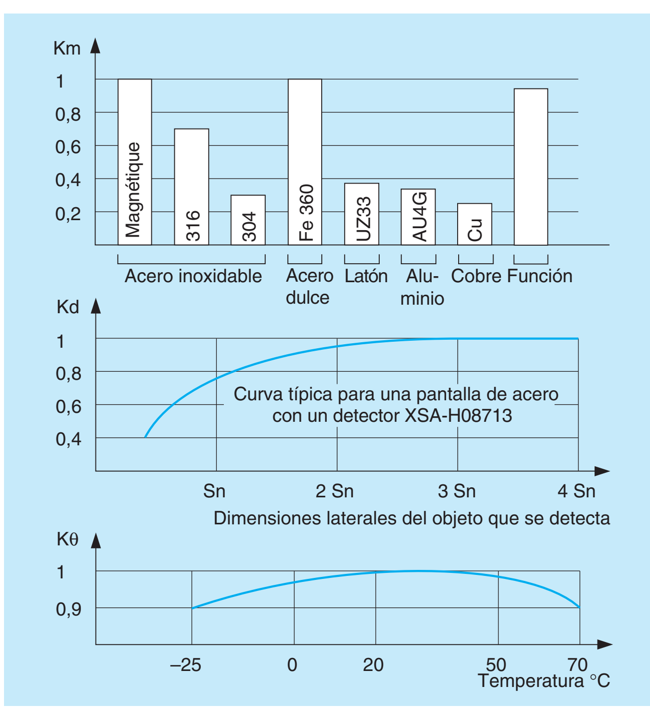


Recorrido diferencial o histéresis

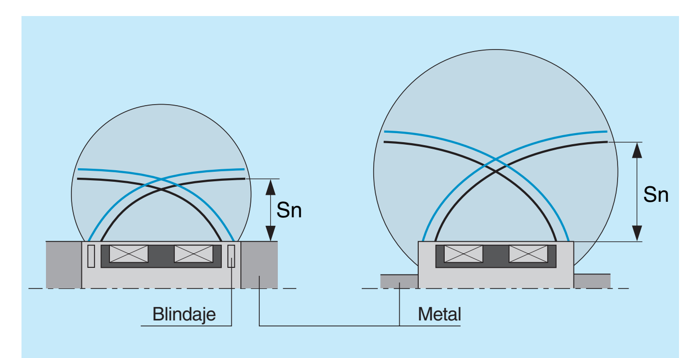
consecuencia rebotes en la salida, especialmente en los casos de desplazamiento lento de la pieza que se detecta. Para evitar este problema, la mayoría de los detectores utilizan un recorrido diferencial que permite obtener una conmutación franca de la salida.
El recorrido diferencial (o histéresis) H es la distancia medida entre el punto de accionamiento cuando la plaqueta de medida se aproxima al detector y el punto de desactivación cuando se aleja de él. Se expresa en % del alcance real Sr.

Reproductibilidad

La reproductibilidad (o fidelidad) R es la precisión de reproducción entre dos medidas del alcance útil para intervalos dados de tiempo, temperatura y tensión: 8 horas, 10 a 30 °C.
Un ± 5%. Se expresa en % del alcance real Sr.



Coeficientes de corrección del alcance de trabajo



Alcance de los detectores empotrables y no empotrables en el metal

Parámetros que influyen en el alcance de trabajo

En numerosas aplicaciones, los objetos que se detectan son de acero y de dimensiones iguales o superiores a la cara sensible del detector. En estos casos, los valores “zona de funcionamiento” que se indican en los catálogos pueden utilizarse directamente.
En cambio, es necesario aplicar coeficientes correctores a Sa en los siguientes casos:
– material que no sea acero dulce (coeficiente Km),
– dimensiones inferiores a la cara sensible (coeficiente Kd),
– variaciones de la temperatura ambiente (coeficiente Kq),
– tensión de alimentación (coeficiente Kt = 0,9 en todos los casos).
La elección del detector requiere la aplicación de la siguiente fórmula, en la que Sa corresponde al alcance de trabajo deseado:

$$\text{alcance nominal Sn} = \frac{Sa}{Km \times Kd \times K\theta \times Kt}$$

El detector adecuado para la aplicación será aquel cuyo alcance nominal sea igual al resultado o inmediatamente superior.

Ejemplo

Comprobar si un detector cilíndrico Ø 18 mm, versión empotrable en el metal, es adecuado para detectar a una distancia de 3 mm y a una temperatura ambiente de 20 °C una cabeza de tornillo de 6 mm de diámetro de acero inoxidable 316. El coeficiente Kt (tensión) es 0,9. Las curvas adjuntas determinan los coeficientes restantes:

Km (materia): 0,7

Kd (dimensiones): 0,75

Kq (temperatura): 0,98

$$Sn = \frac{3}{0{,}7 \times 0{,}75 \times 0{,}98 \times 0{,}9} = 6{,}48 \text{ mm}$$

El alcance nominal Sn de un detector cilíndrico Ø 18 mm empotrable en el metal es de 5 mm, es decir, inferior al valor calculado 6,48 mm. Por tanto, este tipo de detector no es adecuado. Será necesario utilizar un detector cilíndrico Ø 18 mm, no empotrable en el metal y con alcance nominal Sn de 8 mm.

Frecuencia de conmutación

La frecuencia de conmutación de un detector de proximidad inductivo depende de los siguientes factores:

Retraso en el accionamiento Ra

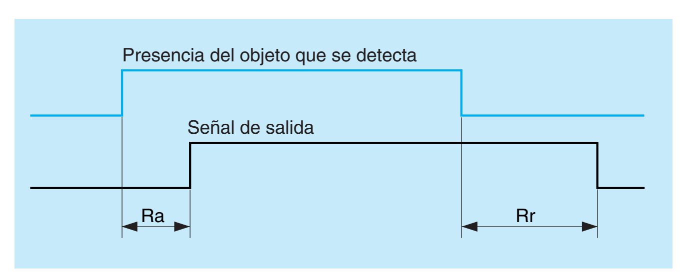
Es el tiempo que transcurre entre el momento en que el objeto que se detecta penetra en la zona activa y el cambio de estado de la salida. Este tiempo condiciona la velocidad de paso en función del tamaño del objeto.

Retraso en el desaccionamiento Rr

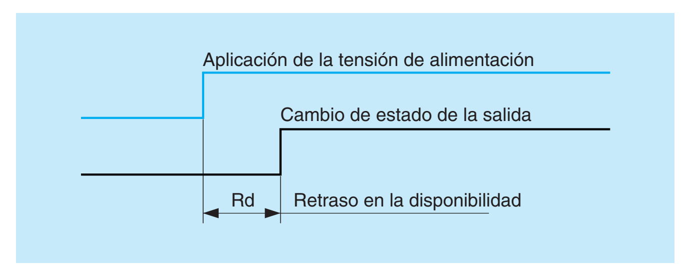
Es el tiempo que transcurre entre la salida del objeto de la zona activa y el cambio de estado de la salida. Este tiempo condiciona el intervalo entre dos objetos.
Generalmente, la frecuencia de conmutación de los detectores que figura en los catálogos se obtiene por el método definido por la norma EN 50010 con la ayuda del esquema adjunto.

Retraso en la disponibilidad Rd

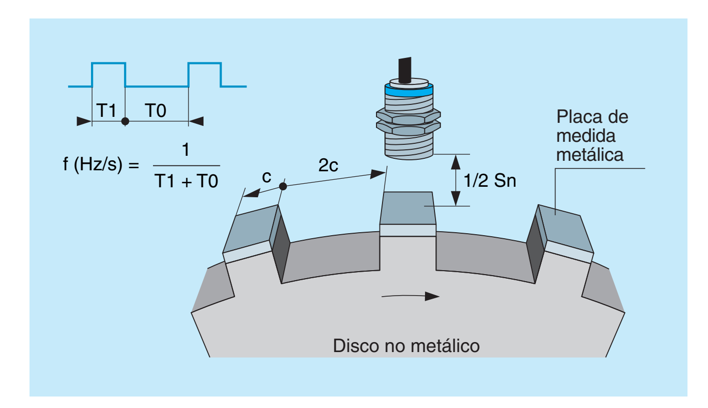
Es el tiempo necesario para que la salida tome su estado después de la puesta bajo tensión del detector. Puede influir en la frecuencia de conmutación, por ejemplo, cuando el detector está conectado en serie a un contacto mecánico.



Retrasos en el accionamiento y en el desaccionamiento



Retraso en la disponibilidad



Medida de la frecuencia de conmutación

Alimentación

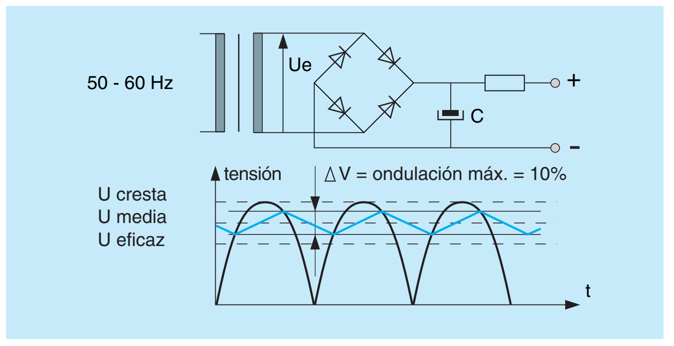
Dependiendo de los modelos, los detectores pueden alimentarse en corriente alterna o continua, en corriente alterna y continua.

Alimentación en corriente alterna

Los límites de tensión del detector deben ser compatibles con la tensión nominal de la fuente.

Alimentación en corriente continua

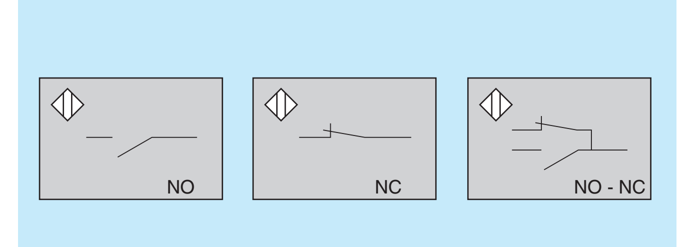
Los límites de tensión del detector y el índice de ondulación admisible deben ser compatibles con la fuente.
Si la fuente se basa en una red alterna monofásica, la tensión debe ser rectificada y filtrada asegurando que:
– la tensión de cresta de alimentación es inferior al límite máximo que admite el producto,
– la tensión mínima de alimentación es superior al límite mínimo garantizado del producto,
– el índice de ondulación no supera el 10%.



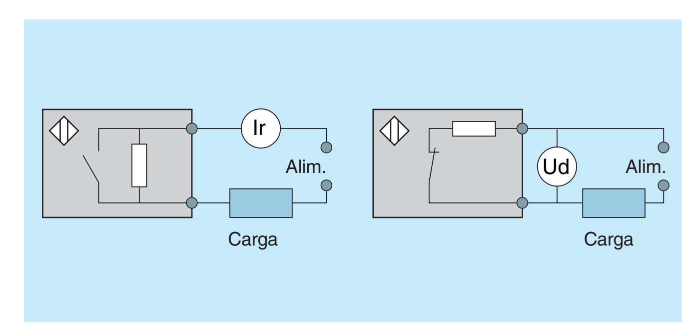
Fuente de alimentación de corriente continua

Contactos de salida

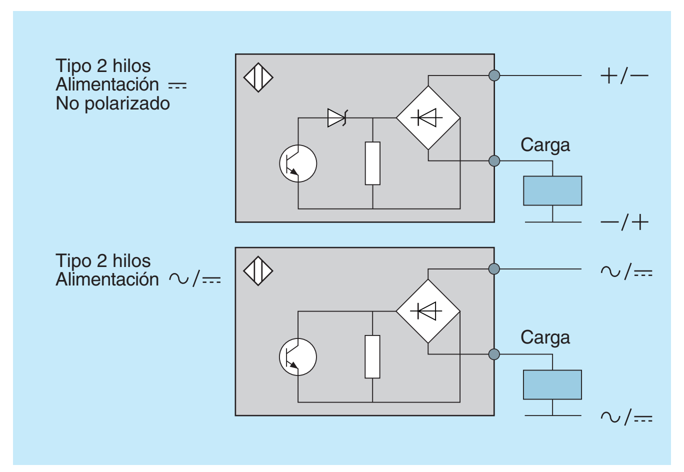
Se ofrecen detectores con las siguientes salidas:
– cierre NO: el transistor o tiristor de salida se activa en presencia de una pantalla,
– apertura NC: el transistor o tiristor de salida se bloquea en presencia de una pantalla,
– inversor NO/NC: dos salidas complementarias, una activada y la otra bloqueada en presencia de una pantalla.



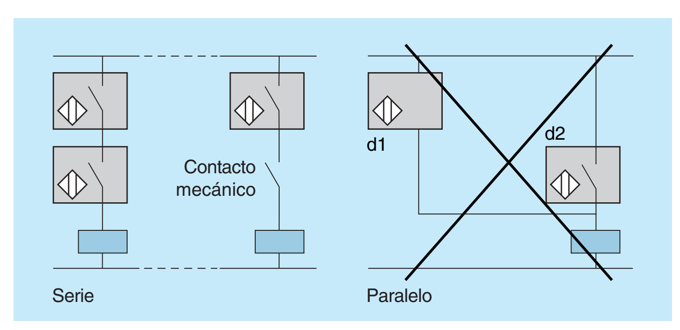
Contactos de salida



Corriente de fuga y tensión residual



Conexión de detectores de 2 hilos



Asociación de detectores de 2 hilos

Equivalencia eléctrica

Los detectores se dividen en dos grandes categorías: "técnica de 2 hilos" y "técnica de 3 hilos".

Tipo 2 hilos

Los aparatos de este tipo se conectan en serie con la carga que se controla. Presentan:
– una corriente de fuga Ir: corriente que atraviesa el detector en estado bloqueado,
– una tensión residual Ud: tensión en las bornas del detector en estado activado, cuya posible influencia en la carga debe verificarse (umbrales de accionamiento y de desactivación).
Existen las siguientes versiones de detectores de 2 hilos:
– alimentación de corriente continua, no polarizados,
– alimentación de corriente alterna/continua.
Los aparatos de corriente continua no polarizados tienen protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Las polaridades de conexión son indiferentes (ningún riesgo de error en la conexión). La carga puede unirse indistintamente al potencial positivo o negativo.

Asociación de los detectores de 2 hilos

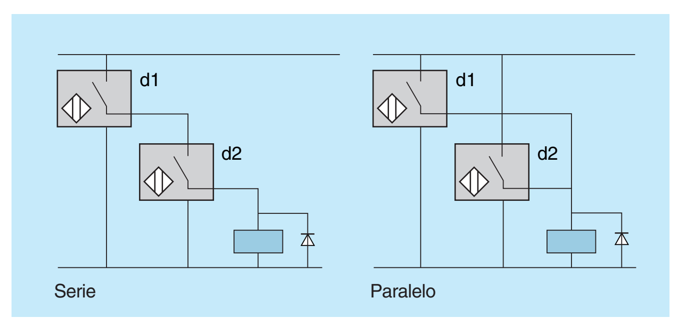
La puesta en serie sólo es posible con aparatos multitensión: por ejemplo, detectores de 110/220 V o puesta en serie de dos aparatos con alimentación de 220 V. La caída de tensión en las bornas de la carga es igual a la suma de las tensiones residuales de los detectores.
En caso de puesta en serie con un contacto mecánico, el detector no se alimenta cuando el contacto está abierto. A su cierre, el detector sólo funciona una vez que transcurre el tiempo de retraso en la disponibilidad.
Se desaconseja la puesta en paralelo de detectores de 2 hilos entre sí o con un contacto mecánico. De hecho, si el detector d1 (ver dibujo adjunto) se encuentra en estado cerrado, d2 no se alimenta. Tras la apertura de d1, d2 comienza a funcionar una vez que transcurre el tiempo de retraso de la disponibilidad.

Tipo 3 hilos

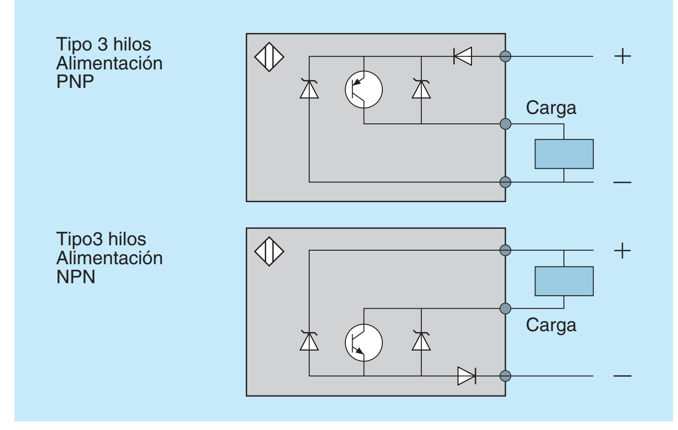
Los detectores de 3 hilos se alimentan en corriente continua. Disponen de 2 hilos de alimentación y uno para la transmisión de la señal de salida. Ciertos aparatos tienen un hilo adicional para transmitir la señal complementaria (tipo 4 hilos NO + NC).
Todos están protegidos contra la inversión de los hilos de alimentación. La mayoría también lo están contra sobrecargas y cortocircuitos.
Estos aparatos no tienen corriente de fuga y su tensión residual es desdeñable. Por tanto, sólo debe tenerse en cuenta su límite de corriente conmutada para comprobar su compatibilidad con la carga.
Existen dos tipos de detectores de 3 hilos:
– aparatos básicos con salida PNP (carga a potencial negativo) o salida NPN (carga a potencial positivo),
– aparatos programables que, dependiendo de la polaridad de la conexión, permiten realizar una de las cuatro funciones PNP/NO, PNP/NC, NPN/NO, NPN/NC.

Asociación de los detectores de 3 hilos

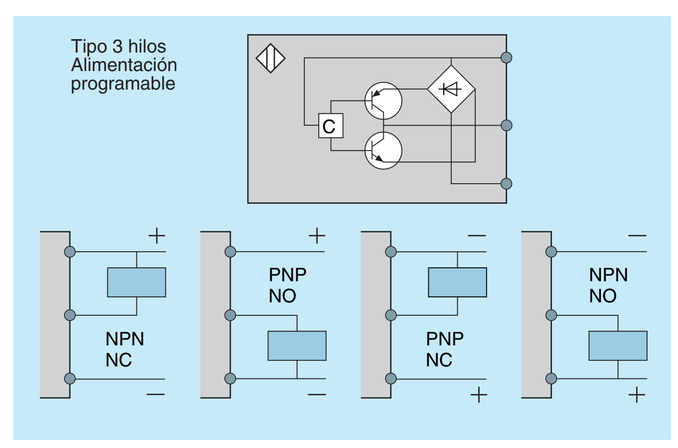
La puesta en paralelo de los detectores de 3 hilos no tiene ningún tipo de restricción. Sin embargo, en el caso de puesta en serie, es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:
– el detector d1 transporta la corriente consumida por la carga y las corrientes consumidas, sin carga, de los detectores restantes,
– cada detector produce una caída de tensión aproximada de 2 V en estado activado,
– cuando el detector d1 pasa al estado activado, el detector d2 sólo funciona una vez transcurrido el tiempo de retraso en la disponibilidad,
– utilizar diodos antirretorno con una carga inductiva.



Asociación de detectores de 3 hilos

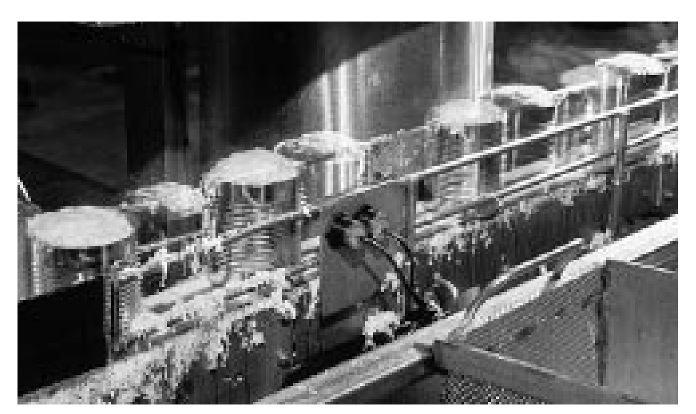


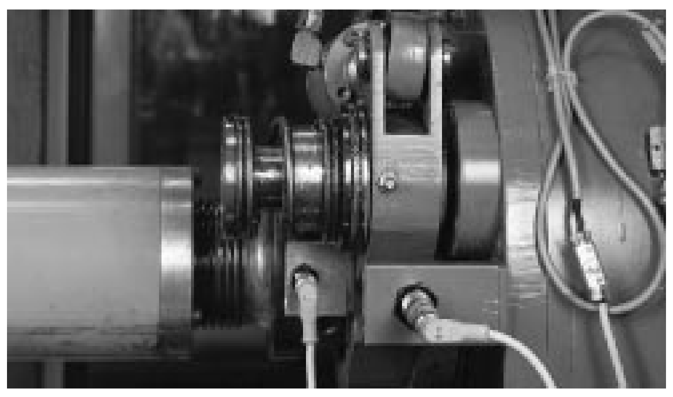
Conexión de detectores de 3 hilos

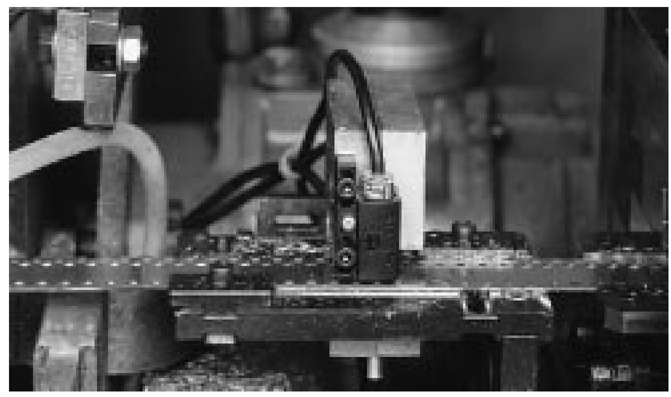


Detector de 3 hilos programable


Detector XS de Telemecanique sobre transfer de mecanizado


Detectores XS de Telemecanique en la industria agroalimentaria


Detectores XS de Telemecanique con conector


Detector XS de Telemecanique con su brida de enclavamiento

Detectores cilíndricos

Conformidad con las normas

La norma IEC 947-5-2 describe las características de los detectores de proximidad inductivos cilíndricos. Retoma gran parte de las definiciones CENELEC anteriores, pero define con mayor detalle la resistencia a las perturbaciones electromagnéticas. Los detectores cilíndricos responden al nivel de severidad 3 en corriente continua y al 4 en corriente continua/alterna. Generalmente, ambos valores se ciñen a las especificaciones.
La gama de detectores cilíndricos XS de Telemecanique es conforme con esta norma IEC. Su diseño tiene en cuenta distintas condiciones de entorno y aporta la máxima facilidad de instalación y uso.

Adaptación al entorno

Entorno seco

Aplicación habitual: máquinas de ensamblaje en industrias mecánicas, eléctricas, textiles, etc.
Estos aparatos de caja metálica tienen una buena resistencia a los aceites, a las sales, a las gasolinas y a otros hidrocarburos. Su grado de estanqueidad es IP 67 y su temperatura de funcionamiento, de –25 a + 70 °C.

Entorno húmedo

Aplicación habitual: máquinas de mecanizado con salpicaduras de aceite de corte, virutas y chispas, en industrias del automóvil, del papel, del vidrio, etc.
Estos aparatos tienen una excelente resistencia a los aceites, a las sales, a las gasolinas y a otros hidrocarburos. También son conformes con las normas NF C 32-206 y las recomendaciones CNOMO EO3 40-150N. Suelen presentarse en forma de caja metálica CENELEC, con un grado de estanqueidad IP 68 y una temperatura de funcionamiento de –25 a + 80 °C.

Entorno químicamente agresivo

Aplicación habitual: sector agroalimentario, todo tipo de máquinas con salpicaduras de ácido láctico y de productos detergentes y desinfectantes.
Estos aparatos se presentan en forma de caja de plástico PPS de alta resistencia, con un grado de estanqueidad IP 68 y una temperatura de funcionamiento de –25 a + 80 °C. Son objeto de pruebas con los productos detergentes y desinfectantes que se utilizan habitualmente en el sector agroalimentario.

Dimensiones e instalación

Para adaptarse al espacio disponible, la gama de detectores cilíndricos incluye varios diámetros (4 a 30 mm), longitudes CENELEC normalizadas (50 a 60 mm), productos ultracortos (33 a 40 mm), productos de alcance aumentado que, en ciertos casos, permiten elegir un modelo de diámetro inferior.

Ayuda al mantenimiento

Todos los modelos están equipados con un LED omnidireccional que señaliza el estado de la salida.
Existen variantes provistas de dos LED que sirven de ayuda al diagnóstico y que indican el estado de la salida y el estado de funcionamiento del detector.

Facilidad de instalación

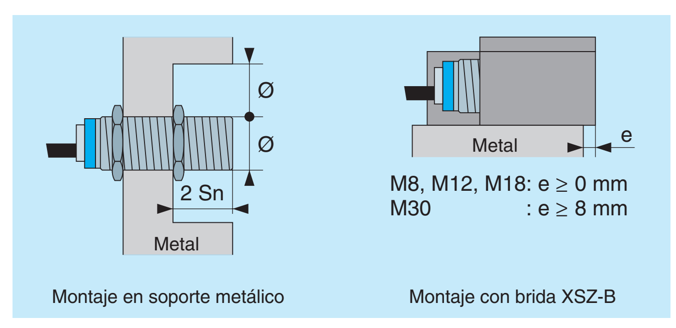
Los detectores cilíndricos pueden montarse sobre un soporte suficientemente rígido (metálico o no) o, preferiblemente, en una brida de fijación.
El procedimiento de montaje con brida es el siguiente:
– bloqueo del detector en la brida hasta el tope,
– ajuste del conjunto brida/detector con la ayuda de un adaptador para obtener la detección,
– bloqueo de la brida con dos tornillos.
Este sencillo y rápido sistema conlleva ventajas importantes:
– reducción de los costes de instalación y de sustitución,
– en caso de sustitución del detector, basta con introducir el nuevo aparato en la brida hasta el tope y bloquearlo, sin necesidad de manipular la fijación de la brida. No es necesario realizar ningún ajuste adicional.
– en el caso de los detectores no empotrables en el metal, la distancia “e” (ver dibujo adjunto) se reduce sensiblemente con respecto al montaje directo en un soporte metálico.

Facilidad de conexión

Los detectores cilíndricos se suministran con:
– cable sobremoldeado que garantiza una excelente resistencia a las salpicaduras de líquido (IP 68),
– conector macho integrado o situado en el extremo de un cable, con distintos modelos de conectores hembra rectos o acodados.
Esta versión de conector disminuye significativamente los tiempos de parada de máquina en caso de sustitución del detector, ya que suprime la operación de descableado y, por tanto, el riesgo de error.

Funciones básicas o universales

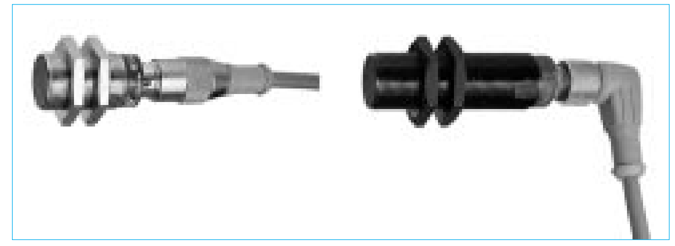
La gama de detectores cilíndricos se compone de:
– **productos básicos** con una salida NO o NC, o dos salidas complementarias NO + NC. Las salidas están disponibles en versión PNP (carga de potencial negativo) o NPN (carga de potencial positivo). Estos aparatos monotensión y monocorriente son muy adecuados para las aplicaciones repetitivas.
– **productos** con funciones universales, multitensión y/o multicorriente, ciertos modelos dotados de salida programable PNP/NPN - NO/NC.



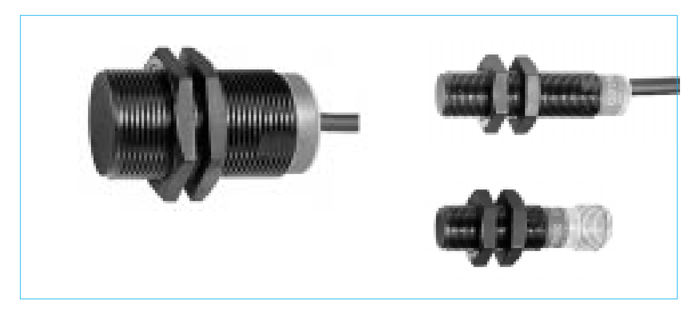
Montaje de un detector no empotrable en el metal



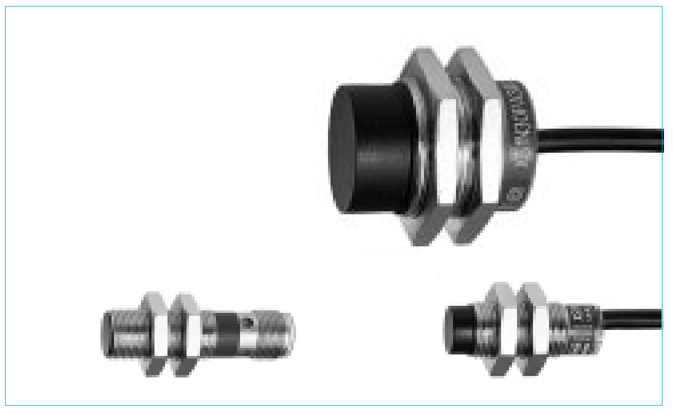
Brida enclavable XSZ de Telemecanique



Detectores XS de conexión por conectores



Detectores de caja plástica XS4 de Telemecanique



Detectores de caja metálica XS1 de Telemecanique

Detectores rectangulares

Los detectores rectangulares están disponibles:
– con cuerpo plástico y forma compacta o normalizada C,
– con cuerpo plástico o metálico, caja enchufable y forma compacta o normalizada D.
Sus funciones son similares a las de los detectores cilíndricos. Asimismo, existen aparatos de 2 hilos con alimentación en corriente continua polarizados y en corriente alterna. Los aparatos de corriente continua polarizados no disponen de protección contra sobrecargas ni cortorcircuitos. Es necesario respetar las polaridades de conexión de los detectores. La carga puede conectarse indistintamente al potencial positivo o negativo.
Los alcances nominales son superiores a los de los detectores cilíndricos, pudiendo llegar hasta 60 mm en ciertos modelos. Estos aparatos son especialmente adecuados para las aplicaciones en las que la trayectoria del objeto que se detecta es poco precisa (manutención, transporte, etc.).
Cabe destacar igualmente las siguientes características:
– conexión por cable, conector o en bornero,
– cara sensible en extremo o lateral en ciertos modelos,
– cabeza de detección orientable en cinco posiciones,
– entreejes de fijación idénticos a los que utilizan los interruptores de posición.

Tipo 2 hilos
Alimentación ⎓
Polarizado
\+
Carga
–

Tipo 2 hilos
Alimentación ∿
∿
Carga
∿

Detectores de 2 hilos: continuo polarizado y alterno



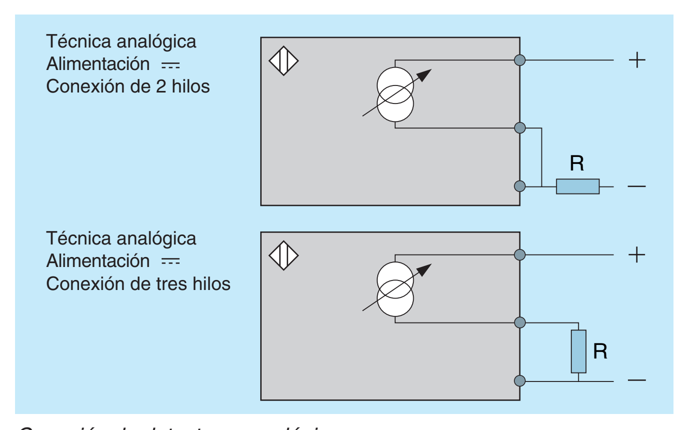
Detectores rectangulares XS7 y XSD de Telemecanique

Detectores para aplicaciones específicas

Además de los detectores de 2 y 3 hilos que se utilizan en todas las aplicaciones habituales de detección de presencia, existen detectores para aplicaciones específicas.

Detectores analógicos

Los detectores de proximidad analógicos son adecuados para proporcionar valores de desplazamiento, deformación, amplitud y frecuencia de ondulación, dimensión, posición, concentricidad, etc. Su funcionamiento se basa en el principio de amortiguación del oscilador: la aproximación de una pantalla metálica se transforma en variación de corriente proporcional a la distancia entre la cara sensible y la pantalla.



Conexión de detectores analógicos

Detectores NAMUR

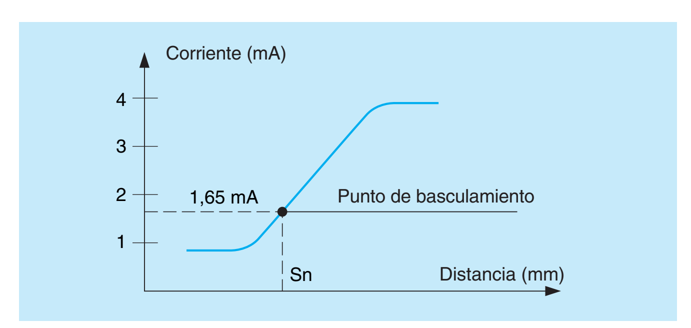
Se utilizan principalmente en zonas de seguridad intrínseca (atmósfera explosiva) conjuntamente con un relé de seguridad intrínseca (por ejemplo, tipo NY2 de Telemecanique) o con una entrada estática equivalente dotada de seguridad intrínseca.
Los detectores de 2 hilos NAMUR (norma DIN 19234) son captadores cuya corriente absorbida varía al aproximarse un objeto metálico: 1 mA en presencia de una pantalla, 3 mA en ausencia de una pantalla y punto de basculamiento fijado en 1,65 mA. Difieren de los aparatos tradicionales por la ausencia de las etapas de disparo y de amplificador.

Detectores para control de rotación

Los detectores para control de rotación permiten comparar la frecuencia de los impulsos emitidos por un móvil con la frecuencia regulable por potenciómetro del detector. La caja del detector contiene las funciones de adquisición de datos y de comparación.
Estos aparatos están disponibles para corriente alterna o continua. Son particularmente adecuados para la detección de subvelocidades debidas a un deslizamiento, a la ruptura de la cinta o del acoplamiento, una sobrecarga, etc.
El control es efectivo 9 segundos después de la puesta bajo tensión, lo que permite que el móvil alcance su velocidad nominal.

Detectores para control de atascos

Estos detectores de corriente alterna tienen una señal de salida temporizada al accionamiento o al desaccionamiento. La temporización puede regularse entre 1 y 20 segundos por medio de un potenciómetro, e incluso eliminarse al poner a cero el potenciómetro. El contacto de salida es de tipo programable NC o NO.



Señal de salida de un detector NAMUR

Detectores capacitivos

Los detectores capacitivos son adecuados para detectar objetos o productos no metálicos de cualquier tipo (papel, vidrio, plástico, líquido, etc.).
Un detector de posición capacitivo se compone de un oscilador cuyos condensadores forman la cara sensible. Cuando se sitúa en este campo un material conductor o aislante de permitividad (1) superior a 1, se modifica la capacidad de conexión y se bloquean las oscilaciones. Estos detectores disponen de un potenciómetro de regulación de sensibilidad.

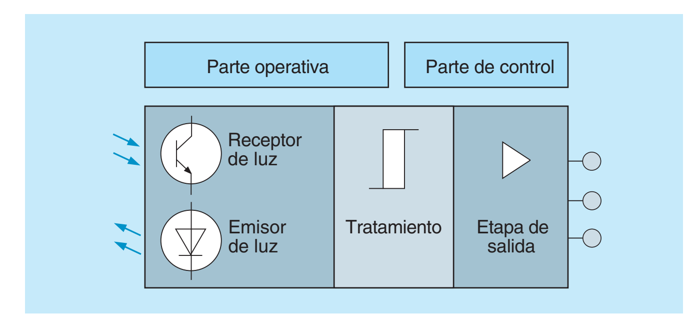
(1) Permitividad: Propiedad de un diélectrico para debilitar las fuerzas electrostáticas, por referencia a estas mismas fuerzas cuando se ejercen en el vacío. Constante característica de este dieléctrico que mide dicho debilitamiento (Robert).

Detectores fotoeléctricos

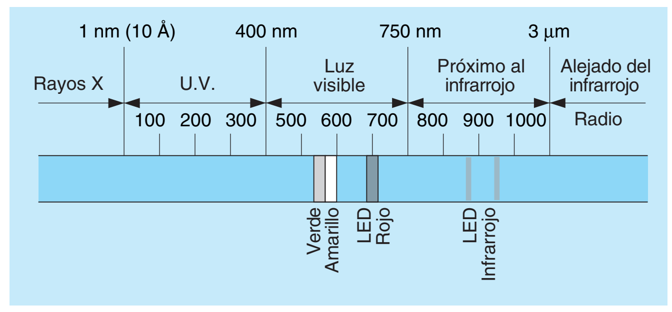
Los detectores fotoeléctricos permiten detectar todo tipo de objetos (opacos, transparentes, reflectantes, etc.) en gran variedad de aplicaciones industriales y terciarias. Disponen de:
- *Cinco sistemas básicos:*
– barrera,
– réflex,
– réflex polarizado,
– proximidad,
– proximidad con borrado del plano posterior,
- *Aparatos compactos, en miniatura, de cabeza óptica separada, de fibra óptica,*
- *Modelos con caja de resina sintética, ofrecen una solución óptima para el tipo de objeto que se detecta, el espacio disponible y las condiciones ambientales.*

Composición y funcionamiento

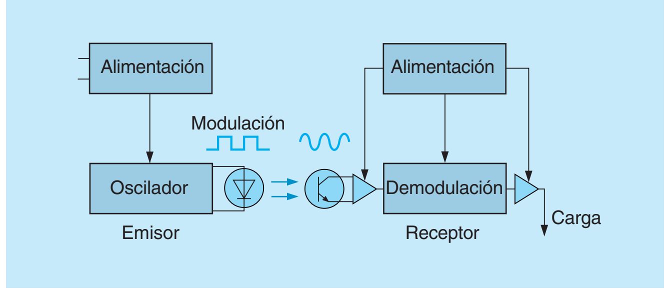
Un detector fotoeléctrico detecta un objeto o una persona por medio de un haz luminoso. Sus dos componentes básicos son un **emisor y un receptor** de luz.
La detección es efectiva cuando el objeto penetra en el haz de luz y modifica suficientemente la cantidad de memoria que llega al receptor para provocar el cambio de estado de la salida. Para ello, se siguen dos procedimientos:
– bloqueo del haz por el objeto detectado,
– retorno del haz sobre el receptor por el objeto detectado.
Los detectores fotoeléctricos disponen de un emisor de diodo electroluminiscente y de un receptor de fototransistor. Estos componentes se utilizan por su elevado rendimiento luminoso, su insensibilidad a los golpes y a las vibraciones, su resistencia a la temperatura, su durabilidad prácticamente ilimitada y su velocidad de respuesta.
Dependiendo del modelo de detector, la emisión se realiza en infrarrojo o en luz visible verde o roja. La corriente que atraviesa el LED emisor se modula para obtener una emisión luminosa pulsante e insensibilizar los sistemas a la luz ambiental.



Composición de un detector fotoeléctrico

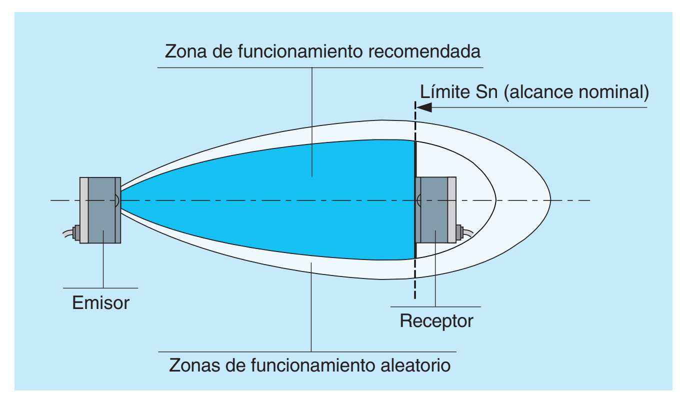


Espectro luminoso



Modulación del haz luminoso

El haz luminoso emitido se compone de dos zonas:
– una zona de funcionamiento recomendada en la que la intensidad del haz es suficiente para asegurar una detección normal. Dependiendo del sistema utilizado, barrera, réflex o proximidad, el receptor, el reflector o el objeto detectado deben estar situados en esta zona.
– una zona en la que la intensidad del haz deja de ser suficiente para garantizar una detección fiable.



Zonas de funcionamiento de una zona de detección

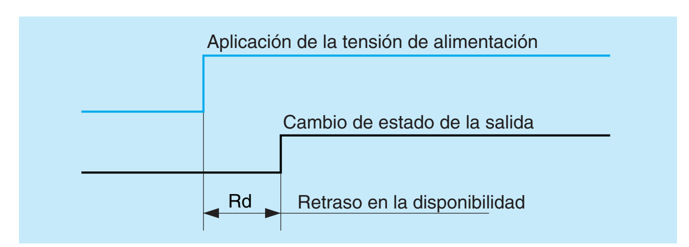
Definiciones

Alcance nominal Sn

Es la distancia máxima aconsejada entre el emisor y el receptor, reflector u objeto detectado, teniendo en cuenta un margen de seguridad. Es el alcance que figura en los catálogos y que permite comparar los distintos aparatos.

Alcance de trabajo Sa

Es la distancia que garantiza la máxima fiabilidad de la detección teniendo en cuenta los factores ambientales (polvo, humo...) y un margen de seguridad.
En todos los casos: Sa ≤ Sn.



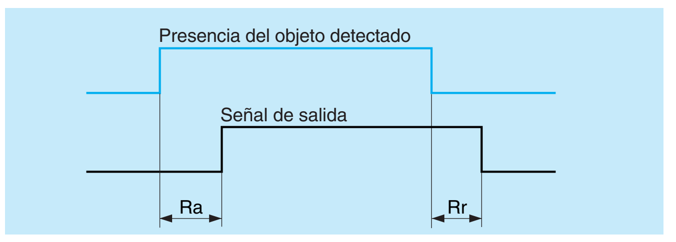
Retraso en la disponibilidad

Retraso en la disponibilidad

Es el tiempo que debe transcurrir desde la puesta bajo tensión para que la salida se active o bloquee.

Retraso al accionamiento Ra

Es el tiempo que transcurre entre el momento en que el objeto detectado penetra en la zona activa del haz luminoso y el del cambio de estado de la salida. Condiciona la velocidad de paso del objeto detectado en función de su tamaño.



Retrasos en la acción y en el desaccionamiento

Retraso en el desaccionamiento Rr

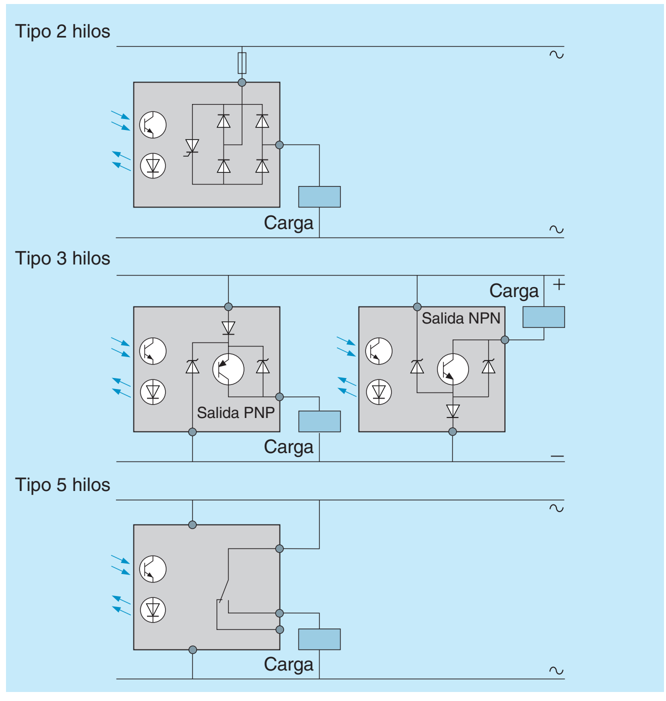
Es el tiempo que transcurre entre el momento en que el objeto detectado abandona la zona activa del haz y el momento en que la salida recupera su estado inicial. Condiciona el intervalo que debe respetarse entre dos objetos.

Frecuencia de conmutación

Es el número máximo de objetos que el sistema puede detectar por unidad de tiempo considerando los retrasos en el accionamiento y en el desaccionamiento. Normalmente, se expresa en Hz.

Equivalencia eléctrica

Existen los siguientes tipos de detectores fotoeléctricos:
– de tipo 2 hilos con salida estática. Los detectores de 2 hilos se alimentan en serie con la carga,
– de tipo 3 hilos con salida estática PNP (carga de potencial negativo) o NPN (carga de potencial positivo). Estos detectores disponen de protección contra inversión de alimentación, sobrecargas y cortocircuito de la carga,
– de tipo 5 hilos con salida de relé (1 contacto inversor NO/NC). Estos detectores cuentan con aislamiento galvánico entre la tensión de alimentación y la señal de salida.



Tipos de 2, 3 y 5 hilos

Corriente de fuga Ir (detectores de 2 hilos)

Es la corriente que atraviesa el detector en estado abierto.

Tensión residual Ud (detectores de 2 hilos)

Es la tensión residual en las bornas del detector en estado activo.

Procedimientos de detección

Los detectores fotoeléctricos emplean dos procedimientos para detectar objetos:
– por bloqueo del haz,
– por retorno del haz.

Bloqueo del haz

En ausencia de un objeto, el haz luminoso alcanza el receptor. Un objeto bloquea el haz al penetrar en él:

no hay luz en el receptor = detección

Tres sistemas básicos emplean este procedimiento, que se basa en las propiedades absorbentes de los objetos:
– barrera,
– réflex,
– réflex polarizado.

Retorno del haz

En ausencia de un objeto, el haz no llega al receptor. Cuando un objeto penetra en el haz, lo envía al receptor:

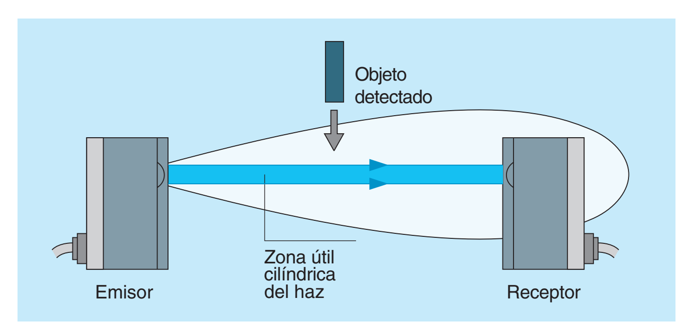
luz en el receptor = detección

Dos sistemas básicos emplean este procedimiento, que se basa en las propiedades reflectantes de los objetos:
– proximidad,
– proximidad con borrado del plano posterior.

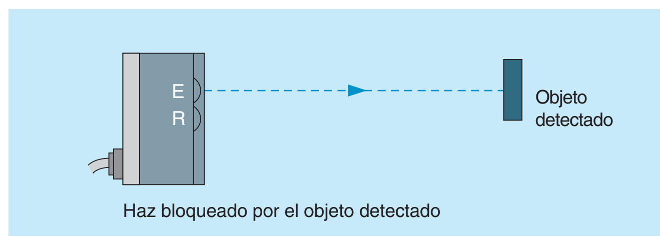
Los cinco sistemas básicos

Sistema de barrera

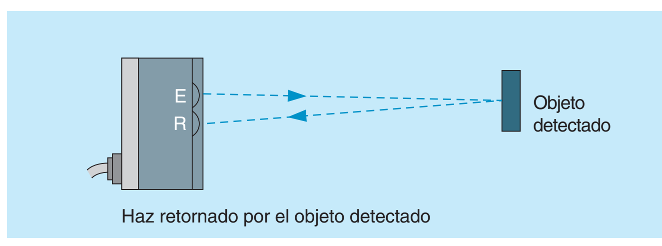
El emisor y el receptor se sitúan en dos cajas separadas. Es el sistema que permite los mayores alcances, hasta 100 m con ciertos modelos. El haz se emite en infrarrojo o láser. A excepción de los objetos transparentes, que no bloquean el haz luminoso, puede detectar todo tipo de objetos (opacos, reflectantes...) gracias a la excelente precisión que proporciona la forma cilíndrica de la zona útil del haz.
Los detectores de barrera disponen de un margen de ganancia muy amplio (ver “Determinación del alcance de trabajo y curvas de ganancia”, página 133). Por ello, son muy adecuados para los entornos contaminados (humos, polvo, intemperie, etc.).
Es necesario alinear cuidadosamente el emisor y el receptor. Ciertos modelos disponen de diodos electroluminiscentes que facilitan la alineación mediante el control de la intensidad del haz luminoso que llega al receptor. Además de cumplir esta función de ayuda, los diodos indican si un exceso de acumulación de suciedad en los componentes ópticos puede llegar a provocar defectos de detección.



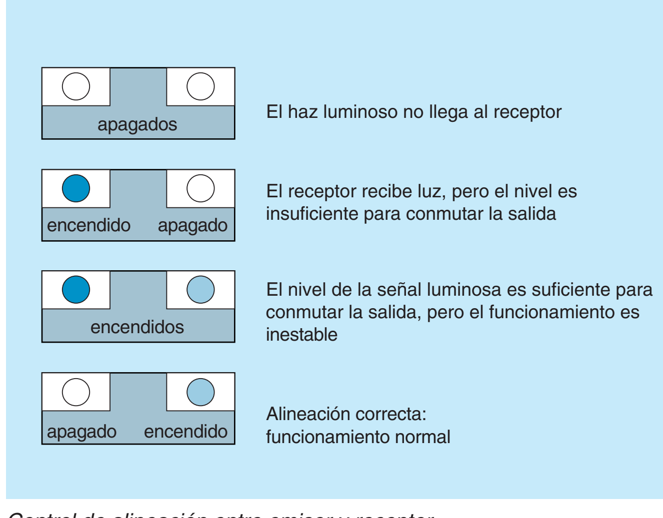
Principio del sistema de barrera



Detección por bloqueo del haz



Detección por retorno del haz



Control de alineación entre emisor y receptor

Sistema réflex

El emisor y el receptor están situados en una misma caja. En ausencia de un objeto, un reflector devuelve al receptor el haz infrarrojo que emite el emisor. El reflector consta de una elevada cantidad de triedros trirrectángulos de reflexión total cuya propiedad consiste en devolver todo rayo luminoso incidente en la misma dirección.
La detección se realiza cuando el objeto detectado bloquea el haz entre el emisor y el reflector. Por tanto, este sistema no permite la detección de objetos reflectantes que podrían reenviar una cantidad más o menos importante de luz al receptor.
El alcance nominal de un detector fotoeléctrico réflex es del orden de dos a tres veces inferior al de un sistema de barrera.
Un detector fotoeléctrico réflex puede utilizarse en un entorno contaminado. Sin embargo, dado que el margen de ganancia es inferior al de un sistema de barrera, es indispensable consultar la curva de ganancia para definir el alcance de trabajo que garantiza la fiabilidad de la detección (ver página 133).

ELECCION DEL REFLECTOR

El reflector forma parte integrante de un sistema de detección réflex. Su elección, instalación y mantenimiento condicionan el buen funcionamiento del detector al que presta servicio.

Dimensiones

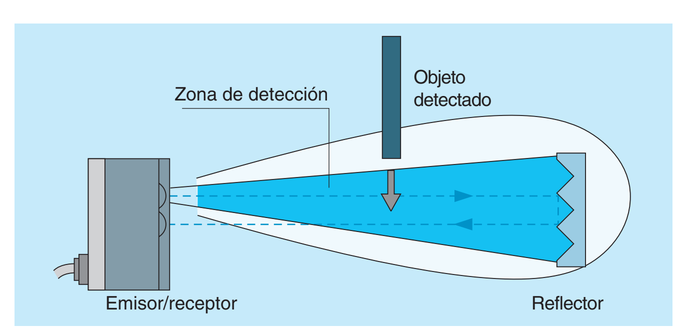
Un reflector siempre debe ser más pequeño que el objeto que se detecta. Los alcances que se incluyen en las especificaciones corresponden a un tamaño de reflector determinado que siempre se indica.
En caso de uso de reflectores de menor tamaño, para detectar objetos de pequeñas dimensiones, el alcance útil se ve reducido.

Funcionamiento en zona próxima

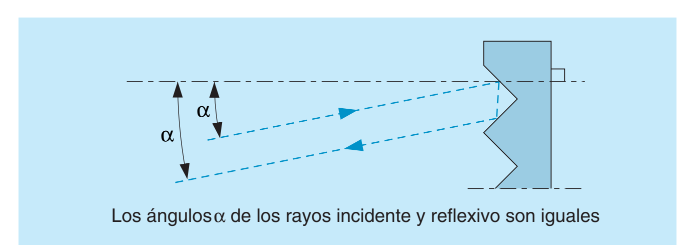
Los reflectores estándar de todas las aplicaciones habituales utilizan triedros pequeños. Cuando este tipo de reflector se sitúa a una distancia del detector comprendida entre 0 y 10% de Sn (zona próxima o zona ciega), el sistema no funciona debido a que la mayoría de la luz se devuelve al emisor. Para conseguir un buen funcionamiento en esta zona, es necesario utilizar reflectores de triedros grandes.

Posicionamiento del reflector

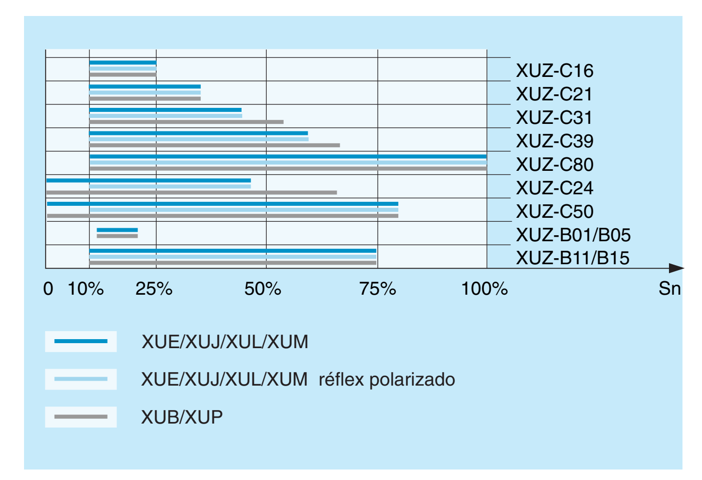
El reflector debe instalarse en un plano perpendicular al eje óptico del detector. Los alcances que se indican en el caso de los detectores réflex tienen en cuenta un ángulo máximo de 10°. Si se supera dicho ángulo, es necesario prever una disminución del alcance.



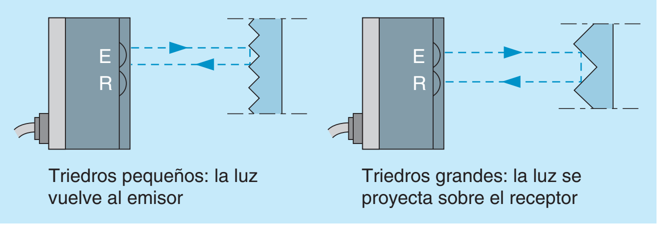
Principio del sistema réflex



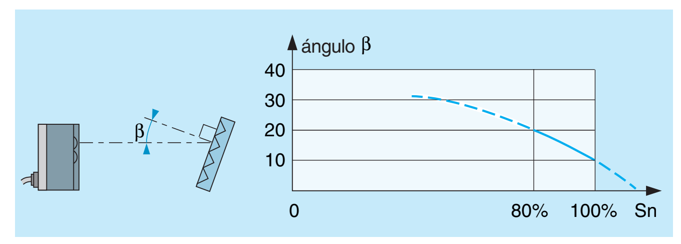
Funcionamiento de un reflector



Influencia del tamaño del reflector en el alcance



Reflexión en la zona próxima



Alcance útil en función de la posición angular del reflector

Sistema réflex polarizado

Los objetos brillantes, que en lugar de bloquear el haz reflejan parte de la luz hacia el receptor, no pueden detectarse con un sistema réflex estándar. En estos casos, es preciso utilizar un sistema réflex polarizado.
Este tipo de detector emite una luz roja visible y está equipado con dos filtros polarizadores opuestos:
– un filtro sobre el emisor que impide el paso de los rayos emitidos en un plano vertical,
– un filtro sobre el receptor que sólo permite el paso de los rayos recibidos en un plano horizontal.

En ausencia de un objeto

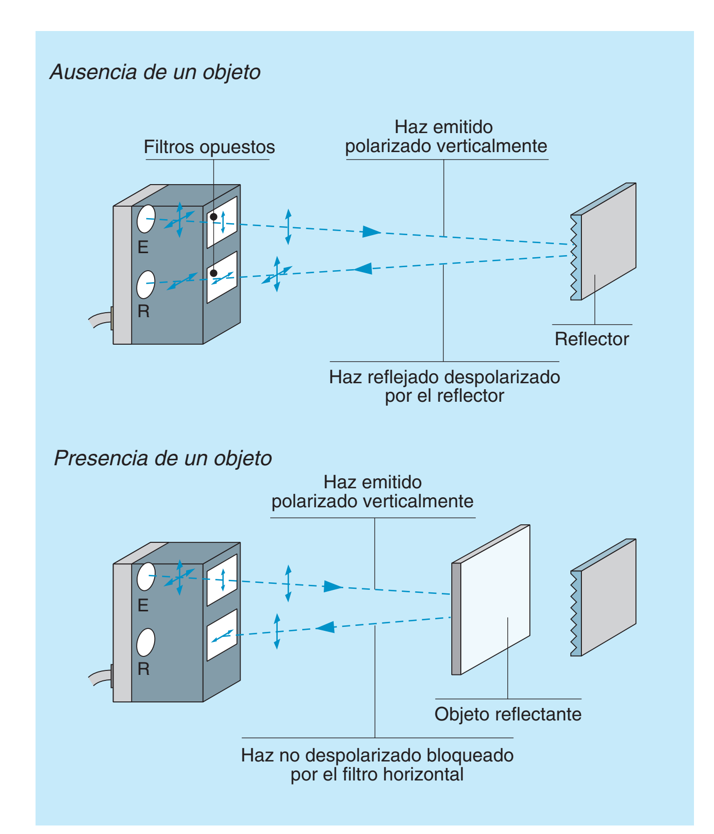
El reflector devuelve el haz emitido, polarizado verticalmente, después de haberlo despolarizado. El filtro receptor deja pasar la luz reflejada en el plano horizonal.

En presencia de un objeto

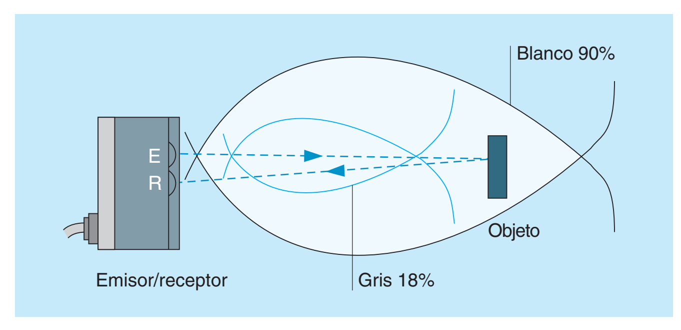
El objeto detectado devuelve el haz emitido sin ninguna modificación. El haz reflejado, polarizado verticalmente, queda por tanto bloqueado por el filtro horizontal del receptor.
La elección del reflector, el funcionamiento en la zona próxima y el uso en entornos contaminados siguen los criterios del sistema réflex estándar.
El funcionamiento de un detector réflex polarizado puede verse perturbado por la presencia de ciertos materiales plásticos en el haz, que despolarizan la luz que los atraviesa.
Por otra parte, se recomienda evitar la exposición directa de los elementos ópticos a las fuentes de luz ambiental.

Sistema de proximidad

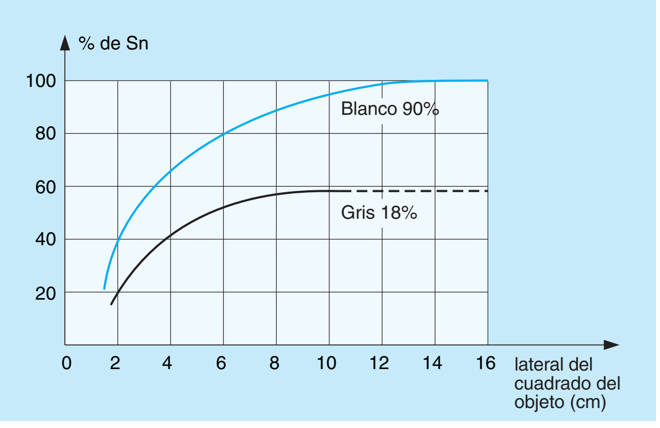
Al igual que en el caso de los sistemas réflex, el emisor y el receptor están ubicados en un misma caja. El haz luminoso se emite en infrarrojo y se proyecta hacia el receptor cuando un objeto suficientemente reflectante penetra en la zona de detección (ver el dibujo adjunto).
El alcance de un sistema de proximidad es inferior al de un sistema réflex, lo que desaconseja su uso en entornos contaminados. El alcance depende:
– del color del objeto detectado y de su poder reflectante (un objeto de color claro se detecta a mayor distancia que un objeto oscuro),
– de las dimensiones del objeto (el alcance disminuye con el tamaño).
Los alcances nominales indicados en catálogo se definen por medio de una pantalla blanca Kodak 90% y dimensiones de 20 × 20 cm.
Los detectores de proximidad se equipan frecuentemente con un potenciómetro de reglaje de sensibilidad. Para una distancia dada entre el objeto detectado y el emisor, la detección de un objeto menos reflectante requiere un aumento de la sensibilidad, lo que puede provocar la detección del plano posterior en caso de ser más reflectante que el propio objeto.
En estos casos, el uso de un sistema de proximidad con borrado del plano posterior asegura la detección del objeto.



Principio del sistema réflex polarizado



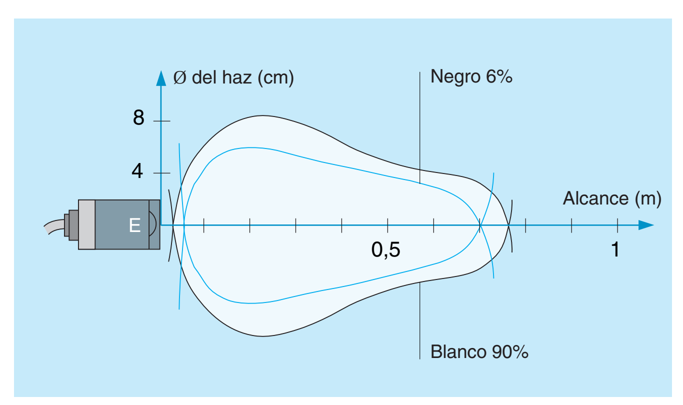
Principio del sistema de proximidad



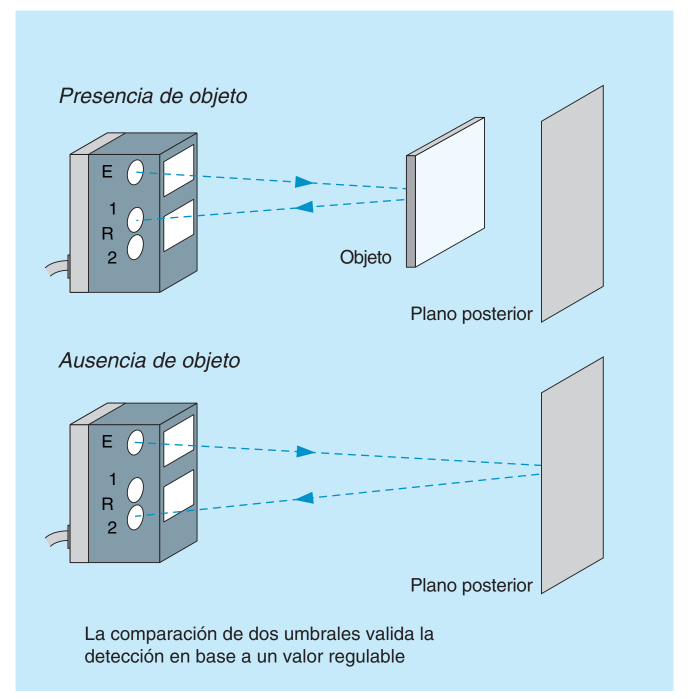
Variación del alcance Sn de un detector de proximidad

Sistema de proximidad con borrado del plano posterior

Los detectores de proximidad con borrado del plano posterior están equipados con un potenciómetro de regulación de alcance que permite “enfocar” una zona de detección y evitar la detección del plano posterior.
Pueden detectar a la misma distancia objetos de colores y reflexividades distintas. En el dibujo inferior, la parte delimitada por un trazo negro se ha definido con una pantalla de 20 × 20 cm blanca 90%; la delimitada por un trazo azul, con una pantalla negra 6% (el color de prueba menos reflectante).
La tolerancia de funcionamiento de un sistema de proximidad con borrado del plano posterior en un entorno contaminado es superior a la de un sistema estándar. Esto es debido a que el alcance real no varía en función de la cantidad de luz devuelta por el objeto detectado.



Zona de detección de un sistema de proximidad con borrado del plano posterior



Principio del sistema de proximidad con borrado del plano posterior

Modos de funcionamiento

Los detectores fotoeléctricos pueden funcionar en dos modos: conmutación clara y conmutación oscura.
Dependiendo del modelo de detector, el funcionamiento en conmutación clara u oscura es predefinido o programable por el usuario. La programación se lleva a cabo por cableado.

Conmutación clara

La salida se activa cuando el haz de luz alcanza el receptor (ausencia de objeto en detectores de barrera y réflex, presencia de objeto en detectores de proximidad).

Conmutación oscura

La salida se activa cuando el haz de luz no alcanza el receptor (presencia de objeto en detectores de barrera y réflex, ausencia de objeto en detectores de proximidad).

Sistemas barrera y réflex	
Conmutación clara	
Objeto presente (haz bloqueado) Salida no activada	Objeto ausente (recepción de luz) Salida activada
Conmutación oscura	
Objeto presente (haz bloqueado) Salida activada	Objeto ausente (recepción de luz) Salida no activada
Sistema proximidad	
Conmutación clara	
Objeto presente (haz reflejado) Salida activada	Objeto ausente (sin recepción de luz) Salida no activada
Conmutación oscura	
Objeto presente (haz reflejado) Salida no activada	Objeto ausente (sin recepción de luz) Salida activada

Curva de ganancia de un detector de barrera XUJ-M

Ganancia (a temperatura ambiente de 25 °C)

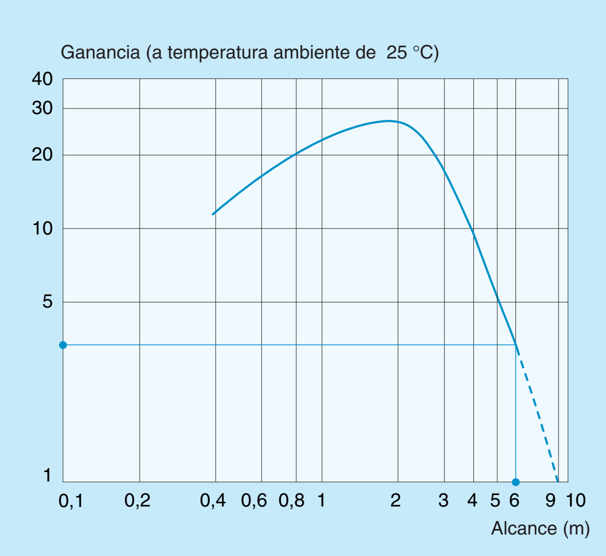
500
100
50
10
5
1

0,1 0,2 0,4 0,6 0,8 1 2 3 4 5 6 9 10 13

Alcance (m)

La curva de ganancia de un detector de barrera es lineal.
La magnitud de la reserva de ganancia permite utilizar este tipo de detectores en entornos muy contaminados.

Curva de ganancia de un detector réflex XUJ-M asociado a un reflector XUZ-C80



La curva de ganancia de un detector réflex no es lineal.
La disminución de la ganancia en distancias cortas explica la existencia de una zona ciega.
La reserva de ganancia más débil que la de un sistema de barrera requiere un estudio cuidadoso de las condiciones ambientales.

Ejemplos de curvas de ganancia

Determinación del alcance de trabajo

El alcance necesario para obtener una detección fiable sólo puede definirse en función del entorno. De hecho, todo sistema óptico está influenciado por las variaciones de la transparencia del medio, debidas al polvo, los humos, las perturbaciones atmosféricas...
Los fabricantes consideran un margen de seguridad al especificar el alcance nominal Sn de los detectores fotoeléctricos. No obstante, en caso de contaminación ambiental o de suciedad de las lentillas o de los reflectores, es necesario aplicar un factor de corrección adicional a los valores de alcance.
La capacidad de un detector fotoeléctrico para funcionar en atmósferas contaminadas depende de su reserva de ganancia.

$$\text{ganancia} = \frac{\text{señal recibida por el fototransistor}}{\text{señal mínima que conmuta la salida}}$$

Las curvas de ganancia establecidas para cada modelo de detector proporcionan la lectura directa del alcance de trabajo en función del entorno. Deben tenerse en cuenta los siguientes umbrales:

- ganancia ≥ 5: ambiente ligeramente polvoriento
- ganancia ≥ 10: entorno contaminado, ambiente muy polvoriento, niebla leve
- ganancia ≥ 50: entorno extremadamente contaminado, niebla o humo denso, montaje en exteriores a la intemperie

La ganancia 1 corresponde a la señal mínima necesaria para conmutar la salida. Los alcances nominales Sn de los detectores siempre corresponden a una ganancia > 1.

Barrera

Es necesario utilizar la curva de ganancia o aplicar los siguientes coeficientes a los alcances que se indican en catálogo:

- 1: entorno limpio
- 0,5: entorno ligeramente contaminado
- 0,25: entorno medianamente contaminado
- 0,10: entorno muy contaminado

Réflex estándar o polarizado

Dado el carácter no lineal de la ganancia, sólo es posible utilizar la curva de ganancia para definir el alcance de trabajo que garantiza la detección fiable en medios contaminados.

Proximidad

El alcance de trabajo depende principalmente de la reflexividad del objeto que se detecta. No obstante, si el entorno está ligeramente contaminado y se utilizan aparatos de largo alcance nominal, se recomienda utilizar la curva de ganancia.

Proximidad con borrado del plano posterior

La curva de ganancia no es significativa, ya que el alcance de detector no depende de la cantidad de luz recibida.

Instalación

Asociación en serie o en paralelo

♦ Detectores de 2 hilos
Se desaconseja la puesta en paralelo y en serie de detectores entre sí o con un contacto mecánico.

♦ Detectores de 3 hilos
Se desaconseja la puesta en serie de detectores entre sí.
Conexión en paralelo: ninguna restricción.

♦ Detectores de 5 hilos
Ninguna restricción, ni en serie ni en paralelo.

Conexiones

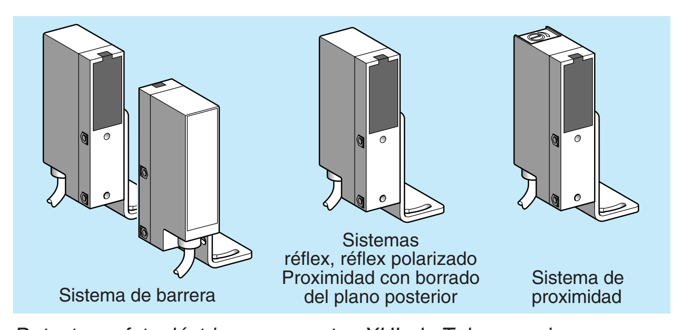
Los detectores fotoeléctricos pueden suministrarse con:
– cable sobremoldeado: estanqueidad de fábrica.
– borna con tornillos: longitud y tipo de cable adaptables a las necesidades del usuario.
– conector de intervención rápida en caso de sustitución del aparato y ningún riesgo de error de conexión.

Tipos de salidas

Existen dos tipos de salidas disponibles:
– salidas de relé, contacto inversor NO/NC: corriente conmutada elevada, instalación simple.
– salidas estáticas PNP (carga a potencial negativo) o NPN (carga a potencial positivo): interfaces naturales para autómatas programables, larga durabilidad, cadencias de conmutación elevadas.

Detectores compactos y subcompactos

Los detectores compactos pueden utilizarse siempre que no existan restricciones de tamaño. Suelen montarse al borde de las instalaciones industriales (por ejemplo, transportadores) o de los edificios (por ejemplo, puertas automáticas). Estos aparatos pueden detectar todo tipo de objetos cuyo tamaño sea suficiente para bloquear o devolver el haz de luz.
La serie subcompacta se caracteriza por las dimensiones reducidas, la parte frontal plana de muy fácil mantenimiento, el diodo de visualización y el modo de funcionamiento luz/sombra programable (modelos de salida estática). El modelo de barrera con alcance nominal de 8 m es especialmente adecuado para los dispositivos de seguridad de las puertas automáticas de acceso a los aparcamientos de los edificios.



Detectores fotoeléctricos compactos XUL de Telemecanique

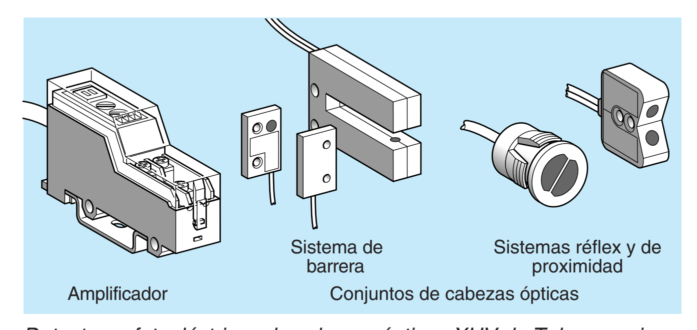
Tipo	Compacto	Compacto enchufable	Subcompacto
Dimensiones: l × h × p (mm)	27×85×61	35,5×100×71	18×70×35
Alcance por sistema (m)			
Barrera	15	50	6 o 8
Réflex	0	15	6
Réflex polarizado	6	0,2...10	4
Proximidad	–	2	0,7
Proximidad con borrado del plano posterior	0,7-1,2	0,75 (0,2...2)	0,3

Detectores en miniatura

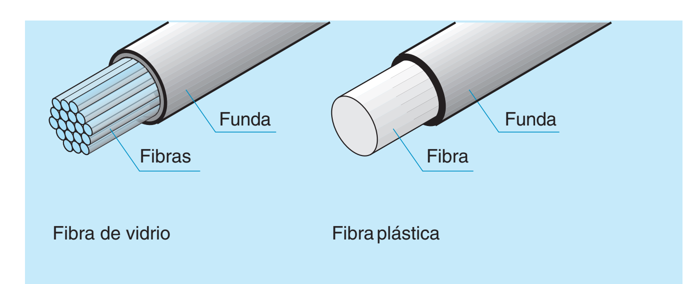
Los detectores en miniatura son particularmente adecuados para las aplicaciones industriales. Generalmente, se integran en la máquina y, por tanto, sus dimensiones y sus formas (cilindro roscado o rectangular) son criterios de selección fundamentales. Las dimensiones de los objetos detectados suelen ser inferiores a las que pueden detectar los modelos compactos. Estos detectores están disponibles en modelos de 3 hilos con salida estática PNP o NPN, con sistemas de barrera de alcance nominal de 8 m, réflex de 4 m, réflex polarizado de 2 m, de proximidad de 0,1 y 0,7 m y de proximidad enfocado para lectura de marcas. Se caracterizan por:
– un LED de ayuda al mantenimiento y a la alineación que proporciona control visual de la inestabilidad del haz. Esta información puede enviarse a la unidad de tratamiento para señalizar el desajuste del haz o la acumulación excesiva de suciedad en los elementos ópticos,
– un test de corte para verificar el buen funcionamiento del aparato y de su enlace eléctrico. La comprobación se activa cuando se conecta un hilo de salida al potencial negativo. Se basa en la interrupción de la emisión del haz luminoso para comprobar el basculamiento de la salida,
– un modo de funcionamiento programable claro/oscuro.

Detectores de cabezas ópticas separadas

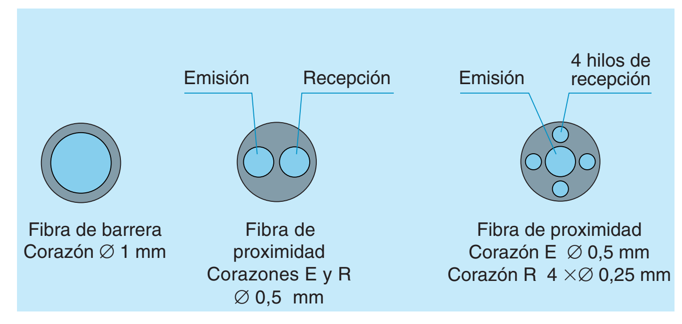
Estos aparatos se caracterizan por un amplificador separado que permite miniaturizar las cabezas ópticas. Son adecuados para detectar pequeños objetos. Existen versiones de barrera, réflex y proximidad con alcances respectivos de 0,005 a 6 mm, 1 o 2 mm, 0,01 a 0,05 mm, según el amplificador, la cabeza y el reglaje elegidos. Se ofrecen en modelos de 3 hilos, PNP o NPN y función luz/sombra programable. Según los modelos, los amplificadores son de salida estática o de relé.



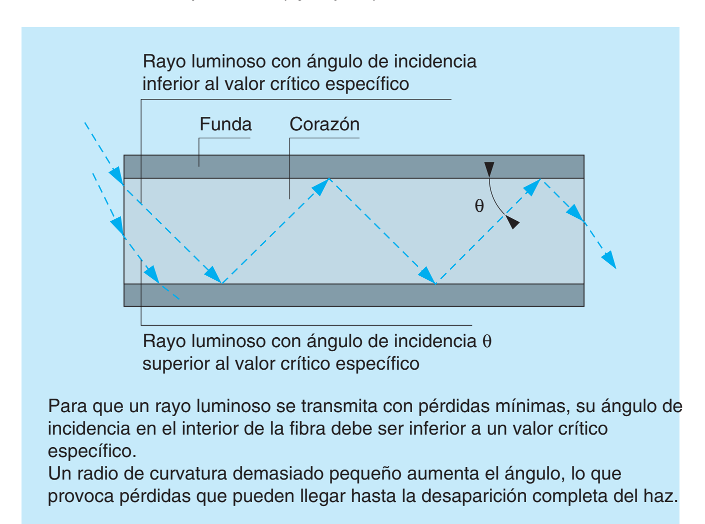
Detectores fotoeléctricos de cabezas ópticas XUV de Telemecanique



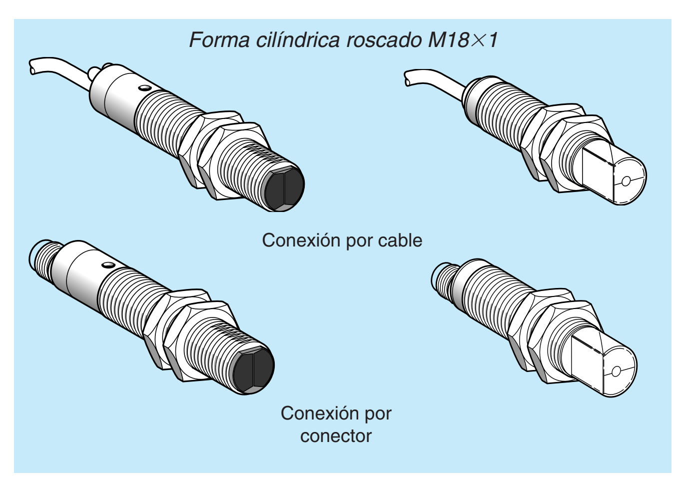
Fibra de vidrio y fibra plástica



Sección de fibras plásticas (ejemplos)



Transmisión de un rayo luminoso a través de una fibra óptica



Detectores fotoeléctricos en miniatura XU de Telemecanique

Detectores de fibra óptica

El amplificador que contiene el emisor y el receptor de luz está separado del punto de detección. La luz se transporta desde el punto de detección hasta el amplificador por medio de fibras ópticas que, gracias a su reducido tamaño, pueden integrarse en los emplazamientos más pequeños. Estos aparatos también se adaptan perfectamente a la detección de objetos de tamaño muy reducido (tornillos, arandelas, cápsulas...).
Están disponibles en versiones de barrera y de proximidad. Los amplificadores son iguales para ambos sistemas, en versión compacta o en miniatura.
Se utilizan dos tipos de fibras: las fibras de vidrio, con amplificadores de emisión de infrarrojos, y las fibras plásticas, con amplificadores que emiten en rojo visible.

Fibras de vidrio

El corazón de las fibras de vidrio consta de un haz de hilos de silicio de varias decenas de micras de diámetro.
Se utilizan principalmente en ambientes corrosivos, con peligro de deterioro de las fibras plásticas, y en casos de temperatura ambiente elevada. Se ofrecen en dos versiones: una versión estándar para temperatura ambiente de 90 °C y una versión de “alta temperatura” con funda inox. que admite hasta 250 °C.

Fibras plásticas

El corazón de las fibras plásticas consta de un “conductor” único con diámetro de 0,25 a 1 mm.
Actualmente, su uso es muy frecuente debido a:
– la sencillez de su instalación, que puede llevar a cabo el propio usuario sin más herramientas que el cortahílos de corte longitudinal que se suministra con la fibra. La única limitación que debe tenerse en cuenta es el valor mínimo del radio de curvatura: 25 mm para corazón de Ø 1 mm y 10 mm para corazón de Ø 0,25 mm. Todo radio inferior provoca el debilitamiento o, incluso, la pérdida total del haz luminoso.
– su rendimiento, comparable al de la fibra de vidrio.
Las fibras plásticas están disponibles en distintos diámetros, rectas o en espiral, con terminal estándar o deformable.
Las fibras de barrera pueden recibir lentes adicionales que multiplican por 10 el alcance nominal. No obstante, el interés principal de estas lentes reside en el aumento del margen de ganancia (en una relación de 1 a 10), que permite utilizar fibras plásticas en entornos contaminados. Asimismo, existen lentes con reenvío de ángulo de 90°.
Ciertos modelos de fibras de proximidad disponen de un corazón “emisor” y de varios hilos “receptores” para la detección en zona próxima.

Detectores para aplicaciones específicas

Barrera monohaz de seguridad

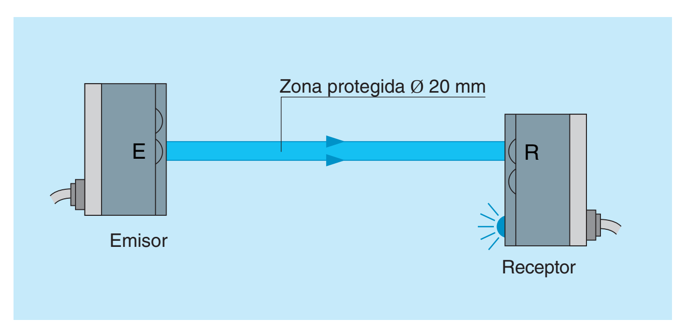
Este aparato se utiliza para la protección del personal de las instalaciones peligrosas. Dado que su zona de sensibilidad se limita a 20 mm, sólo puede utilizarse en máquinas de movimiento alterno (por ejemplo, prensas).
El rayo luminoso emitido se modula a una frecuencia de 50 Hz. El fototransistor de recepción sólo es sensible a esta frecuencia, lo que proporciona al detector una excelente inmunidad a las luces parásitas.
Es posible probar la barrera antes de su puesta en funcionamiento por medio de la intercepción del haz entre el emisor y el receptor o por interrupción eléctrica de la emisión mediante un contacto de apertura exterior conectado a dos bornas de prueba. Ambos métodos provocan la desexcitación del relé de salida.

Barreras inmateriales de seguridad

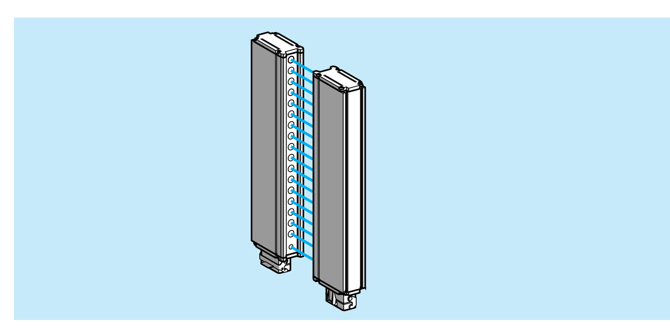
Son detectores fotoeléctricos multihaz de barrera. La emisión de haces luminosos entre el emisor y el receptor define una zona protegida. La interrupción de uno o varios haces, que provoca la apertura de los contactos de seguridad, permite detectar la penetración en la zona.
El funcionamiento de estas barreras se basa en el principio de seguridad positiva autocontrolada. La detección de un fallo interno activa la seguridad de la barrera.
Los haces son de tipo infrarrojo, no ocasionan ninguna molestia al operador y disponen de una elevada capacidad de penetración. Su alcance varía entre 0 y 15 metros según los modelos. Estas barreras protegen a las personas al tiempo que proporcionan total libertad de acceso a las máquinas.

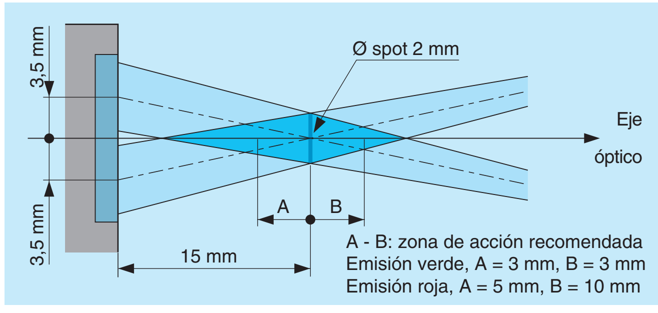
Detectores para lectura de marcas

Estos aparatos se dedican a la lectura de marcas, de referencias, de marcas de autómatas de embalaje, de llenado de tubos, de máquinas etiquetadoras, etc. También pueden detectar contrastes de color siempre que los colores no sean similares al de su emisión. Un potenciómetro de reglaje de sensibilidad permite ajustar el nivel de recepción de la señal en función de los colores. Los detectores para la lectura de marcas tienen salidas estáticas PNP o NPN.
Existen dos versiones disponibles:
– focalizados a 18 mm, emisión de luz verde,
– focalizados a 15 mm, emisión de luz verde y roja.



Barrera de seguridad


Barrera inmaterial de seguridad XUS de Telemecanique



Zona de acción del lector de marcas XUM

Precauciones de uso

Filtrado de la alimentación

En corriente continua, es posible que se produzcan conmutaciones en ausencia de señal o un mal funcionamiento de la salida del detector si no se configura un filtrado de la alimentación.
Es necesario filtrar a razón de 1000 µF por amperio suministrado, con un mínimo de 470 µF.

Longitud de cable admisible

Debe tenerse en cuenta la caída de tensión de la línea.
Como norma general, utilizar un cable de sección suficiente:

Corriente	Longitud	Sección	Corriente	Capacidad
Alterna	< 200 m	> 1,5 mm²	< 300 mA	
Continua	< 200 m	> 2,5 mm²	< 100 mA	< 0,1 µF

Eliminación de parásitos

Los parásitos provienen de los efectos inductivos o capacitivos de los componentes eléctricos de la instalación y se propagan a través de los cables. Es necesario eliminarlos en su origen por medio de limitadores de cresta, separar los cables de potencia y de control y no utilizar cable microconductor para las señales de los detectores ni para la alimentación de cargas importantes.

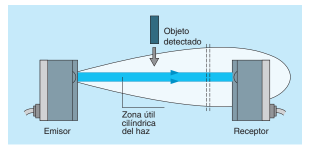
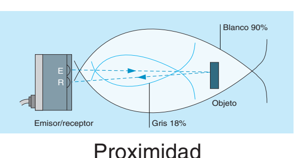
Montaje de detectores a bordo de vehículos alimentados por batería

Es necesario antiparasitar todas las cargas inductivas (relés, electroválvulas, motores eléctricos) y separar los cables de los detectores de los cables restantes.

Durabilidad

En aplicaciones de ciclo muy corto (por ejemplo, una aplicación de contaje), es preferible utilizar un aparato de salida estática y no de relé, de menor durabilidad.

4

Criterios de entorno	Objeto	Sistema	Funcionamiento y utilización		Aplicaciones
Espacio disponible en ambos lados del objeto Posición exacta con respecto al desplazamiento del objeto Contaminación del aire y/o distancia de detección importante	Pequeño o grande Superficie reflectante Trayectoria imprecisa	Barrera	LED de alineación apagados – El haz luminoso no llega al receptor encendido / apagado – El receptor recibe luz, pero el nivel es insuficiente para conmutar la salida encendidos – El nivel de la señal luminosa es suficiente para conmutar la salida, pero el funcionamiento es inestable apagado / encendido – Alineación correcta: funcionamiento normal	Consejos de instalación Soporte rígido Fijaciones enérgicas Coherencia del cable y la prensaestopa Fijación prensaestopa Alejar los cables de potencia al menos 10 cm	Canteras Puertas exteriores de garaje Posicionamiento de piezas Control de presencia Contaje
Medio relativamente limpio Espacio disponible limitado Distancia de detección media Función de presencia y no de posicionamiento	Voluminoso Opaco o translúcido Superficie mate	Réflex	Elección del reflector / alcance Alcance / ángulo	Consejos de instalación Soporte rígido Fijaciones enérgicas Coherencia del cable y la prensaestopa Fijación prensaestopa Alejar los cables de potencia al menos 10 cm El reflector debe ser menor que el objeto que se detecta	**Réflex estándar** Máquina de embalaje Puertas de almacén Contaje de objetos Contaje de personas Detección de botellas de plástico **Réflex polarizado** Paso de vehículos Contaje de botellas de cristal
	Superficie reflectante	Réflex polarizado	Funcionamiento en zona próxima Triedros pequeños: la luz vuelve al emisor Triedros grandes : la luz se proyecta sobre el receptor		
No es posible instalar un reflector Medio limpio Distancia de detección corta Función de presencia y no de posicionamiento	Objeto transparente, translúcido u opaco Superficie con poder reflectante uniforme Sin plano posterior Plano posterior reflectante	Proximidad Proximidad con borrado del plano posterior	Variación del alcance útil en función de los colores y del tamaño del objeto	Consejos de instalación Soporte rígido Fijaciones enérgicas Coherencia del cable y la prensaestopa Fijación prensaestopa Alejar los cables de potencia al menos 10 cm	Detección de contaje de: **Proximidad estándar** – objetos de vidrio – objetos de plástico – latas de conserva – piezas de madera **Proximidad con borrado** – cartones con marcado – papeles de colores – personas – tejidos
Espacio disponible muy reducido Medio limpio Posibilidad de mucho calor Distancia de detección corta	El objeto puede ser pequeño La posición del objeto es exacta Es difícil acceder al objeto	**Fibra óptica**  Barrera  Proximidad	Radio de curvatura mínimo Fibra de vidrio 10 mm con funda plástica 90 mm con funda inox. Fibra de plástico 10 mm con corazón∅ 0,25 mm 25 mm con corazón∅ 1 mm	Consejos de instalación Soporte rígido Alejar los cables de potencia al menos 10 cm	**Sistema de barrera** – control de posición – control de presencia – contaje de botellas **Sistema de proximidad** – contaje de botellas – presencia de piezas pequeñas

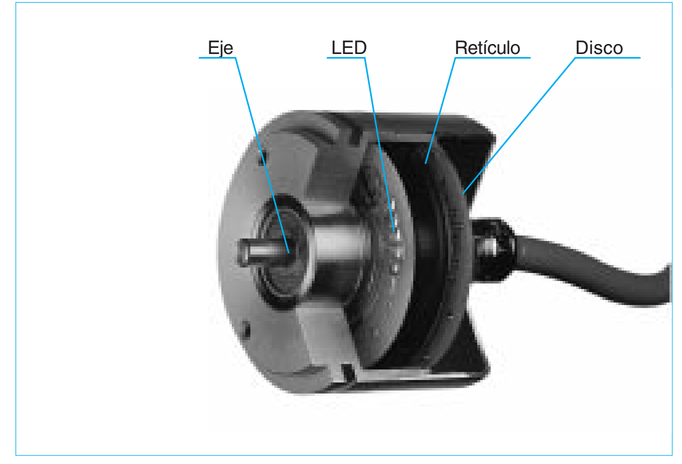
Otros sistemas de adquisición de datos

El control del desplazamiento, de la posición y de la velocidad de un móvil es un problema habitual en numerosas máquinas e instalaciones: platos y carros portacabezales de mecanizado, carros de manutención, robots, máquinas de corte longitudinal, etc.
Los sistemas de detección convencionales (interruptores de posición, detectores inductivos y fotoeléctricos) resuelven satisfactoriamente numerosas aplicaciones: captadores situados en emplazamientos fijos predeterminados, contaje de los impulsos suministrados por un detector de paso de levas o accionado por una rueda dentada, codificación de posición por lectura de levas mediante detectores montados en el móvil. Sin embargo, estos sistemas llegan rápidamente a su límite cuando el número de posiciones que se controlan crece demasiado o cuando la velocidad de desplazamiento exige una frecuencia de contaje incompatible con las caraterísticas de los captadores.
Con los codificadores ópticos rotativos el posicionamiento de un móvil queda completamente controlado por el sistema de tratamiento en lugar de realizarse físicamente por medio de captadores instalados en la máquina o repartidos por la instalación. Elevada velocidad de desplazamiento, adaptación de los puntos de ralentización a la velocidad sin necesidad de intervención física en la máquina, precisión de parada, todas las posibilidades que ofrecen los codificadores permiten optimizar los tiempos de respuesta y contribuyen, por tanto, a mejorar la productividad y la flexibilidad en todos los campos de la producción industrial.
Por otra parte, cada vez son más las aplicaciones, principalmente las de las líneas flexibles de montaje o de mecanizado, en las que es necesario identificar el objeto detectado e intercambiar los datos correspondientes con la unidad de tratamiento para ejecutar las operaciones oportunas sin necesidad de intervención física en la instalación. La identificación y los intercambios se basan en dos gamas de productos:
– el sistema de identificación inductiva,
– los lectores de códigos de barras.

4

Codificadores ópticos rotativos

Un codificador óptico rotativo es un captador angular de posición. Su eje, unido mecánicamente a un arbol que lo acciona, hace girar un disco que consta de una serie de zonas opacas y transparentes. La luz emitida por los diodos electroluminiscentes alcanza a los fotodiodos cada vez que atraviesa una zona transparente del disco. Los fotodiodos generan una señal eléctrica que se amplifica y convierte en señal cuadrada antes de transmitirse a la unidad de tratamiento.
Existen dos tipos de codificadores ópticos rotativos:
- **codificadores incrementales** (llamados igualmente generadores de impulsos),
- **codificadores absolutos** de vuelta simple y multivuelta.



Composición de un codificador óptico rotativo incremental

Codificadores incrementales

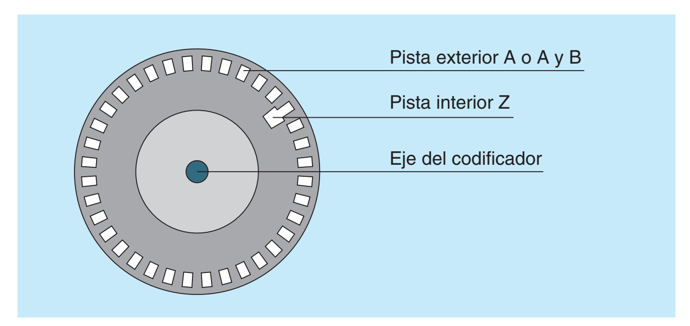
Los codificadores incrementales se utilizan en aplicaciones de posicionamiento y de control de desplazamiento de un móvil por contaje/descontaje de impulsos.
El disco de un codificador incremental incluye dos tipos de pistas:
– una pista exterior (vías A y B) dividida en “n” intervalos de mismo ángulo y alternativamente opacos y transparentes, donde “n” es la resolución o número de períodos. Dos fotodiodos decalados e instalados detrás de esta pista suministran señales cuadradas A y B cada vez que el haz luminoso atraviesa una zona transparente. El desfase de 90° eléctricos (1/4 de período) de las señales A y B define el sentido de la rotación: en un sentido, la señal B se mantiene a 1 durante el flanco ascendente de A, mientras que en el otro sentido se mantiene a 0;
– una pista interior (pista Z) que consta de una sola ventana transparente. La señal Z, denominada “top cero”, tiene una duración de 90° eléctricos y es síncrona con las señales A y B. Define una posición de referencia y permite la reinicialización en cada vuelta.

Explotación de las vías A y B

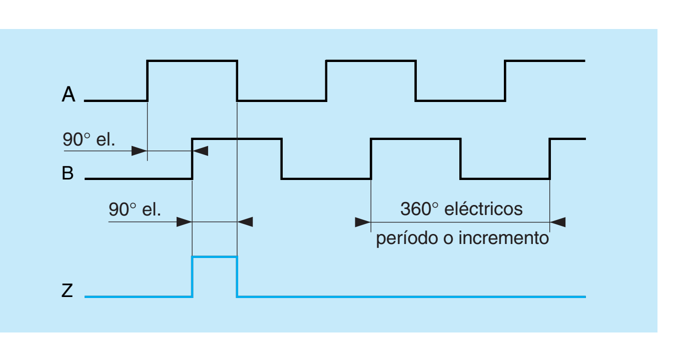
Los codificadores incrementales permiten tres niveles de precisión de explotación:
– uso de los flancos ascendentes de la vía A exclusivamente: explotación simple que corresponde con la resolución del codificador,
– uso de los flancos ascendentes y descendentes de la vía A exclusivamente: doble precisión de explotación,
– uso de los flancos ascendentes y descendentes de las vías A y B: cuádruple precisión de explotación.

Eliminación de parásitos

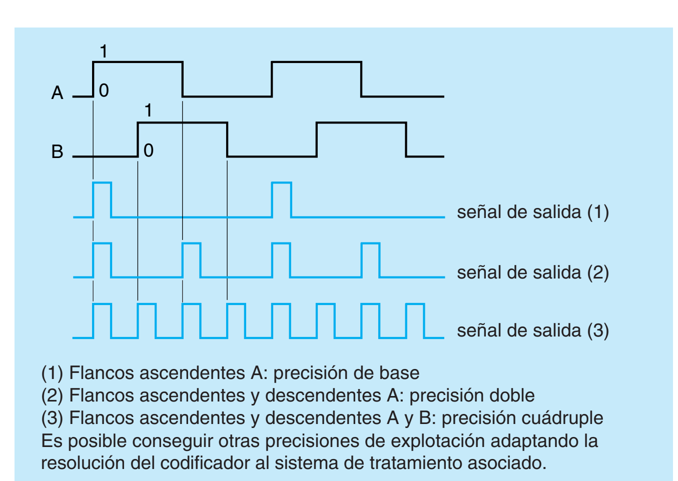
Todo sistema de contaje puede verse afectado por la aparición de parásitos en la línea que se confunden con los impulsos suministrados por el codificador.
Para eliminar este riesgo, la mayoría de los codificadores incrementales suministran las señales complementadas $\overline{A}$, $\overline{B}$ y $\overline{Z}$, además de las señales A, B y Z. Si el sistema de tratamiento está diseñado para poder utilizarlas (por ejemplo, control numérico NUM), las señales complementadas permiten diferenciar los impulsos suministrados por el codificador de los impulsos parásitos, ignorando así los últimos.



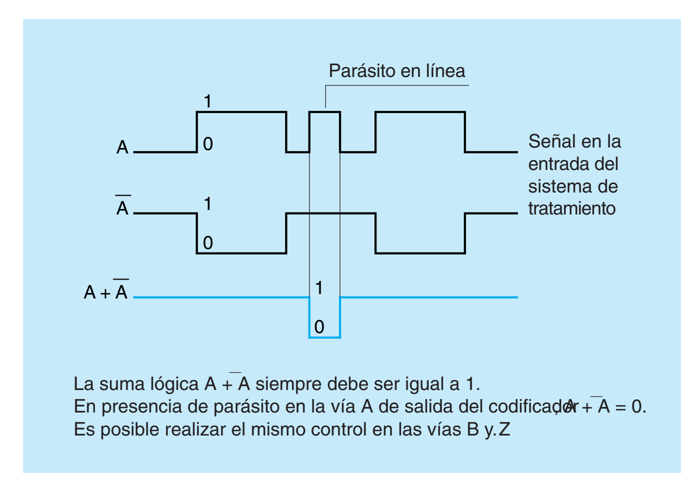
Disco incremental



Señales de base suministradas por un codificador incremental



Cuadruplicación de la precisión de explotación de un codificador incremental



Control de presencia de un parásito en línea

Codificadores absolutos

Los codificadores absolutos se utilizan en aplicaciones de control de desplazamiento y posicionamiento de un móvil por codificación.
Dependiendo del modelo, el disco de un codificador absoluto consta de hasta 17 pistas concéntricas divididas en segmentos iguales alternativamente opacos y transparentes. Cada pista dispone de un par emisor/receptor. La resolución de este tipo de codificadores es igual a 2 a la potencia N:

– N = número de pistas
– Resolución = 131.072 en los modelos de 17 pistas

Un codificador absoluto suministra permanentemente un código que corresponde a la posición real del móvil que controla. Por tanto, ofrece dos ventajas sobre el codificador incremental:

– insensibilidad a los cortes de la red
Desde la primera puesta en tensión, o desde la vuelta de la tensión posterior a un corte, el codificador suministra la posición real del móvil; por tanto, una información directamente utilizable por el sistema de tratamiento. En la misma situación, sería necesario reinicializar un codificador incremental antes de su arranque, lo que puede ser problemático en ciertas aplicaciones.

– insensibilidad a los parásitos de la línea
Un parásito puede modificar provisionalmente el código suministrado por un codificador absoluto. No obstante, el código se corrige automáticamente en el momento de la desaparición del parásito. Con un codificador incremental, la información parásita se toma en cuenta a menos que la unidad de tratamiento sea capaz de utilizar las señales complementadas (por ejemplo, los controles numéricos NUM).

¿Por qué dos tipos de códigos?

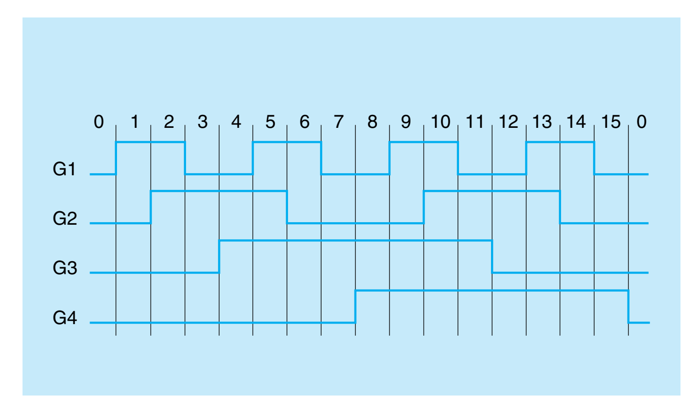
El código binario puro es un código ponderado: permite efectuar las cuatro operaciones aritméticas con los números que expresa. Por tanto, los sistemas de tratamiento pueden utilizarlo directamente (por ejemplo, los autómatas programables) para realizar cálculos o comparaciones. No obstante, presenta el inconveniente de disponer de varios bits que cambian de estado entre dos posiciones. Dado que los cambios no pueden ser rigurosamente síncronos, la lectura es ambigua en cada cambio de posición. Para eliminar la ambigüedad, los codificadores absolutos generan una señal de inhibición que bloquea las salidas en cada cambio de estado. El código Gray, en el que sólo un bit cambia de estado a la vez, es otro medio de evitar este problema. Sin embargo, dicho código no es ponderado y, por tanto, debe transcodificarse en binario antes de poder ser utilizado, lo que complica el tratamiento.

Multiplexado

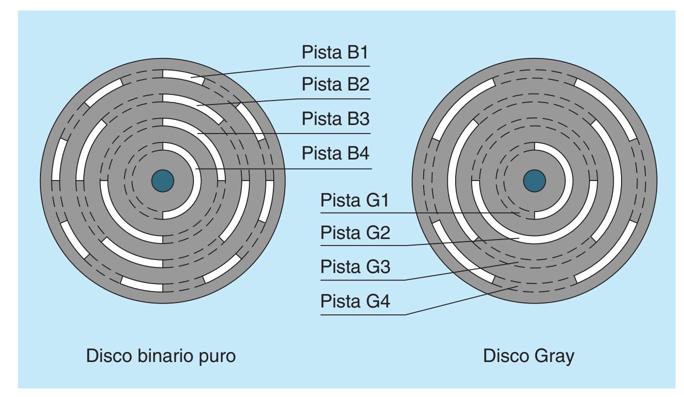
Los datos del codificador se envían en paralelo a la unidad de tratamiento, que debe disponer de un número de entradas igual al de bits transmitidos por cada codificador conectado. Ciertos codificadores absolutos disponen de una entrada MX que permite bloquear sus salidas cuando la unidad de tratamiento emite una señal de bloqueo. Este sistema permite conectar varios codificadores a las mismas entradas. El único activo será aquel que no reciba la señal de bloqueo.

Señal de inhibición, duración 4 µs ± 1
0 1 2 3 4 5 6 7 8
B1
B2
B3
B4

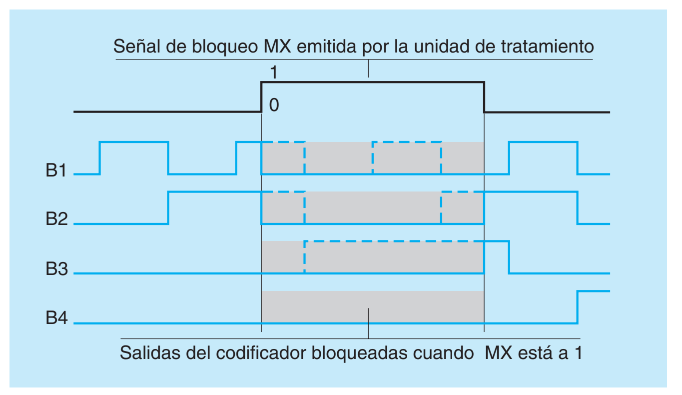
Código binario



Código Gray



Discos absolutos



Acción de la señal de bloqueo MX

Elección de un codificador

Etapas de salida

Los codificadores están equipados con salidas de colector abierto NPN o PNP para poderse adaptar a las distintas entradas de las unidades de tratamiento (TTL/CMOS o acopladores ópticos).
Los codificadores incrementales pueden disponer de salidas por emisores de línea (norma RS 422), que son necesarias para la transmisión de alta frecuencia a larga distancia.

Diámetro exterior

Existen codificadores con distintos diámetros: desde 27 mm (talla 11), para aplicaciones con poco espacio disponible, hasta 100 mm (talla 40), que permiten obtener un rendimiento excelente (alta resolución, multivuelta, tacómetro).

Codificadores de eje lleno

Los codificadores de eje lleno pueden utilizarse siempre que la longitud no sea un criterio determinante. Su eje está unido al eje de arrastre por medio de un acoplamiento flexible que puede absorber defectos cinemáticos importantes: desalineación angular y lateral, desplazamiento axial.
Asimismo, los acoplamientos flexibles permiten unir ejes de distinto diámetro: por ejemplo, eje de codificador de 6 mm y eje de motor de 10 mm.

Codificadores de eje hueco

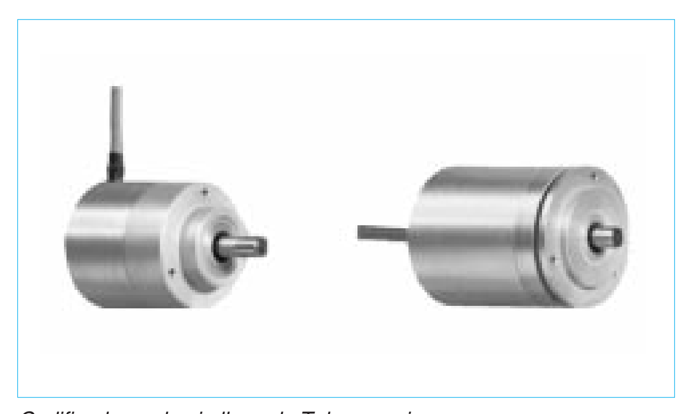
Los codificadores de eje hueco se montan directamente en el árbol de arrastre. Se fijan mediante una pinza de apriete en el arbol, un tornillo en la rosca central del árbol o por apriete. El rotor-disco se hace solidario del árbol por medio de un tornillo. Un peón de bloqueo, que debe poder deslizarse libremente por una ranura practicada en el bastidor del sistema de arrastre, impide la rotación de la caja del codificador. El montaje resulta mucho más sencillo, rápido y económico que el de los codificadores de eje lleno. Por otra parte, el espacio que ocupan es también más importante.
Los codificadores de este tipo son sensibles a los defectos cinemáticos ya que no utilizan un acoplamiento flexible para compensar la excentricidad del árbol. Como resultado, la durabilidad de los rodamientos es menor.

Asociación codificador-unidad de tratamiento

La siguiente tabla agrupa los principales tipos de unidades de tratamiento que se utilizan en la industria y los codificadores a los que se asocian generalmente.

Unidades de tratamiento		Codificadores			
		Incremental			Absoluto
		Frecuencia de señal (kHz) ≤ 0,2	≤ 40	> 40	Enlace paralelo
Autómatas programables	Entradas TON	●			●
	Contaje rápido Tarjetas de eje	●	●		
Comandos numéricos		●	●	●	
Micro-ordenadores	Entradas paralelas				●
Tarjetas específicas		●	●	●	●

4



Codificadores de eje lleno de Telemecanique



Codificadores de eje hueco de Telemecanique

Identificación inductiva

Los medios de detección tradicionales descritos en las páginas anteriores suministran señales “Todo o Nada” que permiten notificar a la unidad de tratamiento la presencia, el paso o la posición de un producto o un móvil.
Un sistema de identificación inductiva es capaz de reconocer la identidad de un móvil entre otros y de intercambiar con la unidad de tratamiento datos detallados relativos al móvil.
La identificación inductiva se utiliza principalmente en las líneas automáticas de montaje o de mecanizado y en las instalaciones de tránsito automatizado. Permite pasar de una arquitectura centralizada, basada en un concentrador que soporta el conjunto de la base de datos, a una arquitectura distribuida, basada en un supervisor y en la que los datos se distribuyen en las etiquetas electrónicas asociadas a los productos que se fabrican o transfieren.
El intercambio de información entre una etiqueta y la unidad de tratamiento se realiza sin contacto, cuando la etiqueta se encuentra delante de un terminal de lectura/escritura. Gracias a la elevada velocidad de intercambio, es posible leer y escribir al vuelo (sin detener la etiqueta delante del terminal).
Un interrogador, separado o integrado en el terminal de lectura/escritura, se encarga de gestionar los intercambios. Asimismo, el interrogador actúa como interfaz de comunicación entre el terminal y la unidad de tratamiento.
Existen tres conceptos de identificación que utilizan la misma técnica inductiva: identificación evolutiva, identificación por código fijo y transmisión de datos.

Identificación evolutiva

Se basa en el uso de etiquetas de memoria que contienen los datos relativos al producto al que están asociadas (referencias, acciones que deben llevarse a cabo, resultados de operaciones de control, etc.).
Las etiquetas suelen ser solidarias de las plataformas en las que se apoyan los productos. Son accesibles en modo de lectura, para utilizar los datos, y en modo de escritura, para la inicialización y la actualización de los datos cada vez que se realiza una operación de montaje, mecanizado o control (intercambio bidireccional).
La posibilidad de actualizar permanentemente el contenido de las etiquetas evolutivas permite conocer en todo momento el estado de los productos y las cantidades fabricadas, lo que representa importantes ventajas:
– flexibilidad: es posible fabricar gran variedad de productos con la misma herramienta de producción,
– reducción de plazos: mediante cambios rápidos de serie,
– sin riesgo de desincronización: los productos se desvían automáticamente hacia el puesto de trabajo adecuado con independencia de su posición en el transportador de la línea.
– mejora de la calidad: en caso de defecto, es posible enviar el producto hacia un puesto de reparación o desecharlo. Si es necesario, puede iniciar automáticamente la fabricación de un producto adicional de sustitución.

Identificación por códigos fijos

Se basa en etiquetas configurables de 16 bits por posicionamiento de straps internos. Sólo son accesibles en modo de lectura.
Aplicaciones típicas: instalaciones de transporte, balizas de referenciado para carros filoguiados y, en general, toda aplicación que requiera una función de identificación.
Este modo de identificación es insensible a la contaminación atmosférica, lo que lo hace especialmente apropiado cuando las condiciones ambientales no permiten el uso de un sistema óptico de lectura de códigos de barras.

Transmisión de datos

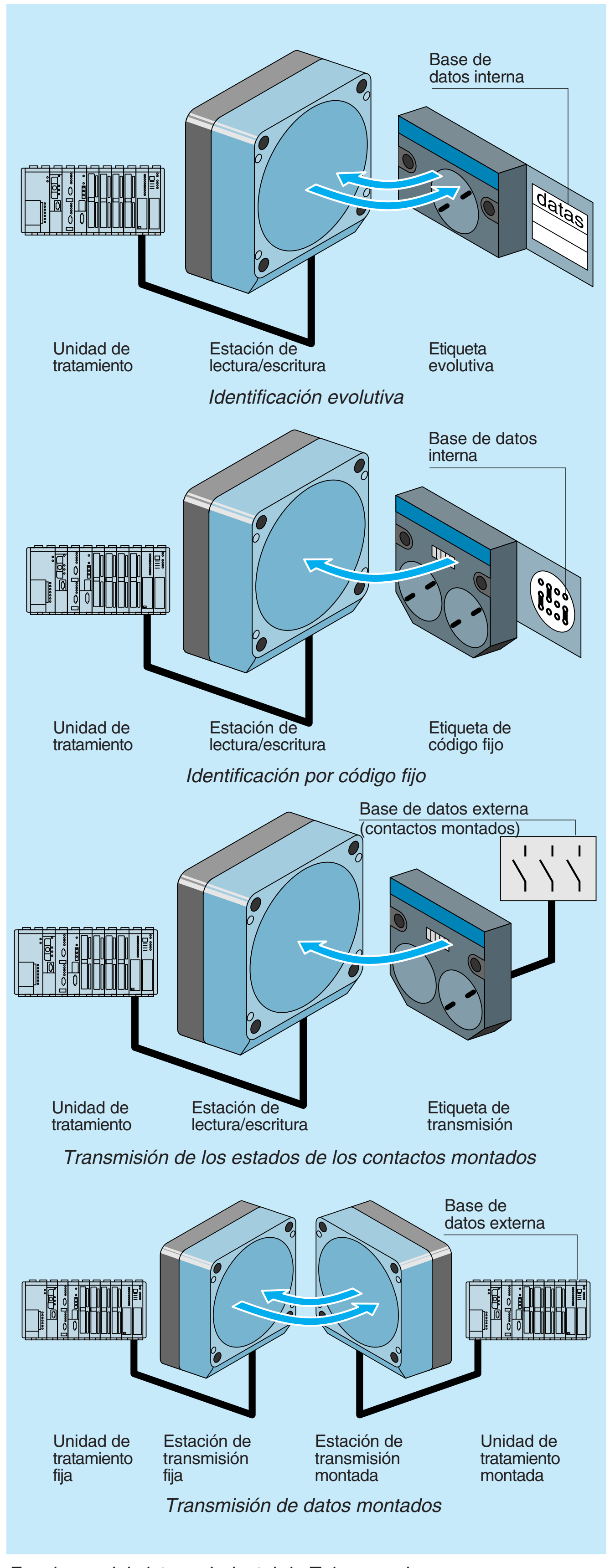
Permite el intercambio de datos entre un móvil y una estación fija sin enlace físico. Los datos que se intercambian son de dos tipos:

♦ Estados de contactos
Los contactos pueden ser mecánicos (interruptores de posición) o estáticos (detectores de proximidad, detectores fotoeléctricos). El soporte de la transmisión es una etiqueta accesible únicamente en modo de lectura y configurable de 16 bits: 8 bits configurables por strap para el direccionamiento y 8 bits de imagen del estado de los contactos que se transmiten.

♦ Datos de un sistema montado
Estos intercambios intervienen entre un autómata montado en un carro filoguiado y un autómata fijo. El soporte de transmisión montado consiste en una estación de lectura/escritura idéntica a la estación fija. Los intercambios pueden ser bidireccionales.

Seguridad de intercambio

Cuando el interrogador recibe una señal de presencia de etiqueta en la zona de diálogo, inicia los intercambios entre la etiqueta y el terminal de lectura/escritura. La orden de intercambio sólo se ejecuta después de que la etiqueta realice un control de coherencia. En caso de orden incorrecta, el interrogador lo intenta de nuevo. La integridad de los intercambios se comprueba por medio de los siguientes procedimientos:
– lectura: el interrogador lleva a cabo dos lecturas sucesivas y comprueba la concordancia de cada octeto,
– escritura: el interrogador lleva a cabo la escritura y, a continuación, lee los datos recién escritos para comprobar la concordancia de cada octeto.
En caso de detectarse un error, el interrogador puede repetir la orden cinco veces, siempre que la etiqueta siga encontrándose en la zona activa cuando los intercambios se realizan al vuelo. Si el error persiste o si la etiqueta abandona la zona antes de finalizar el intercambio, el interrogador detiene la ejecución de la orden, indica el defecto y transmite un informe a la unidad de tratamiento.



Funciones del sistema Inductel de Telemecanique

Capítulo 5

El diálogo hombre-máquina es la función que hace posible que el operador reciba información sobre el estado de una máquina y le envíe órdenes y consignas.
Durante mucho tiempo, los únicos interfaces que permitían este vínculo entre el hombre y la máquina eran los pulsadores y los pilotos.
El desarrollo de los autómatas programables ha impulsado la aparición de nuevos interfaces que amplían las posibilidades del diálogo. Se basan en el intercambio de mensajes numéricos y alfanuméricos y en la representación de las máquinas e instalaciones en pantallas animadas.
Proporcionan una ayuda inestimable a la hora de gestionar la explotación y ofrecen amplias posibilidades para el seguimiento de la producción y el control de calidad.

Diálogo hombre-máquina

Función de diálogo hombre-máquina

Interfaces de diálogo

Función de diálogo hombre-máquina

En la función de diálogo hombre-máquina, el operador desempeña un papel importante. En base a los datos de los que dispone, debe realizar acciones que condicionan el buen funcionamiento de las máquinas y las instalaciones sin comprometer la seguridad ni la disponiblidad. Es, por tanto, indispensable que la calidad de diseño de los interfaces y de la función de diálogo garantice al operador la posibilidad de actuar con seguridad en todo momento.

Datos del diálogo hombre-máquina

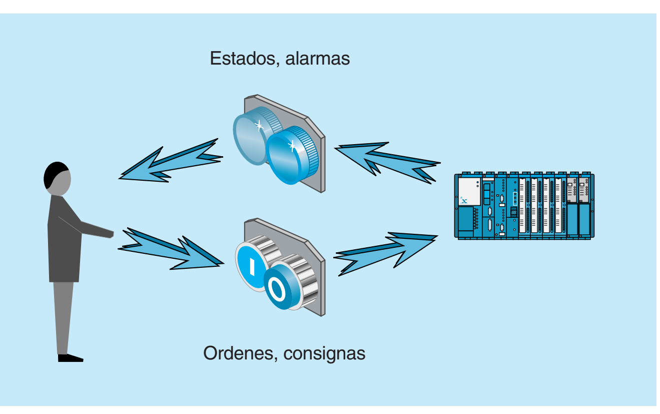
El diálogo hombre-máquina activa la circulación de dos flujos de datos que circulan en los siguientes sentidos:
– Máquina → Hombre
– Hombre → Máquina
Ambos flujos son independientes y están ligados al mismo tiempo:

independientes

ya que pueden presentar distintos niveles de información. El diseñador del automatismo define estos niveles en base a las necesidades del proceso y a los deseos del usuario: por ejemplo, señales “Todo o Nada” del operador hacia la máquina, mensajes alfanuméricos o sinópticos animados de la máquina hacia el operador.

ligados

ya que la intervención del operador sobre un interfaz de control se traduce, a nivel del automatismo, por una acción bien definida y por la emisión de una información que depende de la buena ejecución de la acción. La intervención del operador puede ser voluntaria (parada de producción, modificación de datos...) o consecutiva a un mensaje emitido por la máquina (alarma, fin de ciclo...).



Circulación de la información

Papel del operador

El diálogo operador agrupa todas las funciones que necesita el operador para controlar y vigilar el funcionamiento de una máquina o instalación.
Dependiendo de las necesidades y de la complejidad del proceso, el operador puede realizar:

tareas que corresponden al desarrollo normal del proceso

– ordenar la puesta en marcha o la parada, ambas fases pueden constar de procedimientos de arranque o de parada realizados por el automatismo o por el operador, en modo manual o semiautomático,
– realizar los controles y los ajustes necesarios para el desarrollo normal del proceso y vigilar su evolución,

tareas derivadas de los sucesos imprevistos

– descubrir una situación anormal y tomar las medidas correctivas para impedir que la situación llegue a agravar las perturbaciones (por ejemplo, en caso de prealarma de sobrecarga de un motor, restablecer las condiciones normales de carga antes de la activación del relé de protección),
– hacer frente a un fallo del sistema, deteniendo la producción o instaurando un modo de funcionamiento degradado que permita mantener la producción mediante la sustitución total o parcial de los mandos automáticos por mandos manuales,
– garantizar la seguridad de las personas y del material mediante el uso de los dispositivos de seguridad en caso de necesidad.
El examen de estas tareas muestra la importancia del papel del operador. En base a los datos de los que dispone, puede verse ante la necesidad de tomar decisiones y de llevar a cabo acciones que se salen de la actuación en condiciones normales y que influyen directamente en la seguridad y la disponibilidad de las instalaciones. Por consiguiente, el sistema de diálogo no debe ser un simple medio para el intercambio de información entre el hombre y la máquina. Su diseño debe facilitar la tarea del operador y permitirle actuar con total seguridad en todo tipo de circunstancias.

Calidad de diseño del diálogo

Es posible medir la calidad de diseño del diálogo operador por la facilidad con la que el usuario puede **percibir** y **comprender** los sucesos y la eficacia con la que puede **reaccionar** ante ellos.

Percibir

Generalmente, todo cambio en las condiciones de funcionamiento de una máquina se traduce por la modificación o la aparición de un dato en un piloto, un visualizador o una pantalla. Ante todo, es preciso que el operador perciba el suceso en cualquier condición ambiental (luz ambiente...). Pueden utilizarse distintos medios para llamar su atención: parpadeo de la información, cambio de color, señal sonora, protección contra reflejos, etc.

Comprender

Para evitar cualquier riesgo de acciones contraproducentes para la seguridad, la información que percibe el operador debe ser suficientemente legible y precisa, de manera que sea posible comprenderla y utilizarla inmediatamente.
La ergonomía de lectura de los componentes desempeña un papel tan importante como el del diseño de la función:
– para los pilotos luminosos: respeto del color indicado por la norma, cadencias de parpadeo lento y rápido claramente diferenciadas...,
– para un visualizador: textos precisos en el idioma del usuario, distancia de legibilidad apropiada...,
– para una pantalla: uso de símbolos normalizados, zoom que muestre detalladamente la zona a la que hace referencia el mensaje...

Reaccionar

Según el contenido del mensaje transmitido por la máquina, el operador puede verse obligado a intervenir rápidamente accionando los pulsadores o utilizando el teclado. Esta acción se facilita mediante:
– un referenciado claro que permita identificar fácilmente los pulsadores y las teclas, por ejemplo mediante el uso de símbolos normalizados para marcar los pulsadores,
– una ergonomía cuidada con pulsadores de gran superficie, teclas de efecto táctil...

5



Del pulsador…



…al supervisor

Interfaces de diálogo

Del simple pulsador al supervisor, la función "diálogo hombre-máquina" dispone de un amplio conjunto de interfaces. De este modo, ofrece soluciones que se adaptan perfectamente a cualquier nivel de diálogo para controlar y vigilar de manera óptima todo tipo de equipos.

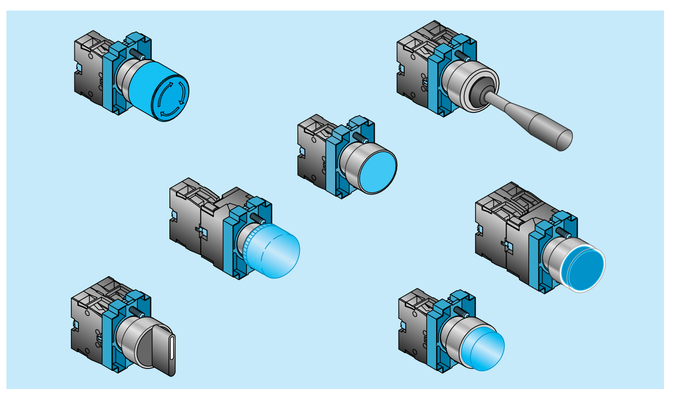
Control y señalización "Todo o Nada"

Pulsadores y visualizadores

Gamas estándar

Son interfaces de diálogo perfectamente adaptados a las situaciones en las que la información que intercambia el operador y la máquina es poco numerosa y se limita a señales de tipo "Todo o Nada" (órdenes de marcha, señalización de estados). Son componentes electromecánicos de fácil instalación, robustos, fiables, ergonómicos y adaptados a cualquier condición ambiental. Pueden equiparse con variedad de cabezas de mando circulares o cuadradas. Su identificación resulta fácil gracias a un código de color normalizado (1).
Se utilizan igualmente para las operaciones relacionadas directamente con la seguridad, que requieren mandos tan simples y directos como sea posible:
– mandos generales de arranque y de parada, funcionamiento de ajuste, funcionamiento manual degradado…,
– mandos de los circuitos de seguridad (paro de emergencia).
Están disponibles con diámetros de 16, 22 y 30 mm (Normas NEMA) y en distintas versiones:
– cabeza con embellecedor metálico cromado, para todo tipo de aplicaciones en ambientes industriales severos y en condiciones de servicio intensivo,
– totalmente plástico, para aplicaciones en ambientes agresivos: industria química, agroalimentaria...
Existe una gran variedad de cabezas de mando disponibles:

(1) La norma EN 60204-1 establece el código de colores para los visualizadores y los pilotos, por ejemplo:
– piloto rojo: Emergencia – condición peligrosa que requiere una acción inmediata (presión fuera de los límites de seguridad, sobrerrecorrido, rotura de acoplamiento…),
– piloto amarillo: Anormal – condición anormal que puede llevar a una situación peligrosa (presión fuera de los límites normales, activación de un dispositivo de protección…),
– piloto blanco: Neutro – información general (presencia de tensión de red…),
– pulsador rojo: Emergencia – acción en caso de peligro (paro de emer-153gencia...),
– pulsador amarillo: Anormal – acción en caso de condiciones anormales (intervención para poner nuevamente en marcha un ciclo automático interrumpido...).



Pulsadores y pilotos de 22 mm de diámetro

– pulsadores rasantes, salientes, empotrados, con capuchón de goma, “de seta”, dobles,
– “de seta” de enganche “paro de urgencia”,
– selectores de maneta corta, de maneta larga, conmutadores de llave, 2 o 3 posiciones fijas o de retorno,
– de varilla metálica (mando omnidireccional),
– pulsadores luminosos rasantes, salientes, con capuchón de goma.
El diseño modular de las unidades de mando y de señalización ofrece gran flexibilidad de uso.
Los pilotos y los pulsadores luminosos están equipados con lámparas de filamento o con diodos electroluminiscentes. Son de alimentación directa e integran un reductor de tensión o un transformador.
Las unidades de mando pueden recibir entre 1 y 6 contactos “NA” o “NC” compatibles con las entradas de 24 V de los autómatas programables.

Pulsadores y pilotos para conexión a circuito impreso

La gama de 22 mm de diámetro dispone de una versión para “conexión a circuito impreso”. Estos productos son adecuados para la realización de soportes de diálogo en grandes series de idéntico esquema. Las cabezas de mando y de señalización son las de la gama estándar. Los bloques eléctricos, específicos para estas versiones, cuentan con salidas de contactos que permiten su soldadura a un circuito impreso.

Teclas y pilotos de cabeza cuadrada

Estos aparatos se montan con paso de 19,05 mm (3/4 de pulgada) en orificios de 16 mm de diámetro. Permiten crear conjuntos de mando de dimensiones reducidas cuando el espacio disponible es limitado. También pueden asociarse a los teclados de adquisición de datos descritos en la página 151 (aspecto homogéneo).
Las teclas son de efecto táctil. Pueden aplicarse a contactos plateados o dorados.

Pilotos luminosos de diodo electroluminiscente

Se recomienda el uso de diodos LED para montaje de Ø 8 y 12 mm cuando el espacio disponible sea reducido o si la cantidad de elementos de señalización es elevada (baja disipación de potencia).
Ofrecen numerosas ventajas:
– durabilidad elevada (> 100.000 h),
– excelente resistencia a choques, vibraciones y sobretensiones,
– bajo consumo que proporciona compatibilidad directa con las salidas de los autómatas programables.

Balizas y columnas luminosas

Las balizas y las columnas son elementos de señalización óptica o sonora que se utilizan para visualizar el estado de las máquinas y alarmas a gran distancia y sobre 360°.

Balizas

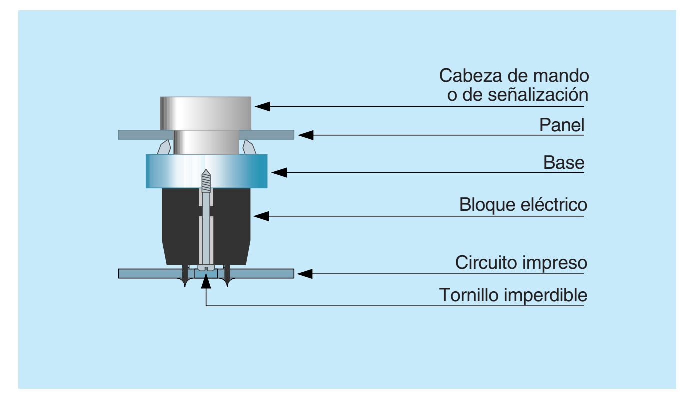
Constan de un único elemento luminoso, globo de lámpara o flash, incoloro, verde, rojo, naranja o azul.

Columnas

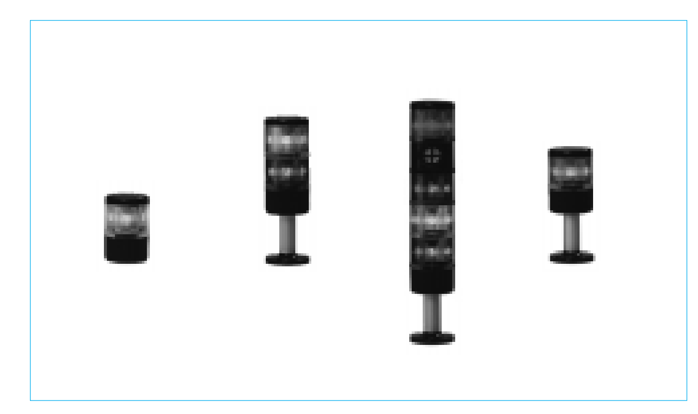
Su composición es variable, según el ensamblaje de los siguientes elementos: globos de lámpara, flash o avisador acústico. El montaje de estos elementos se realiza por simple ajuste. Su conexión eléctrica se realiza automáticamente en el momento del ajuste.

Manipuladores

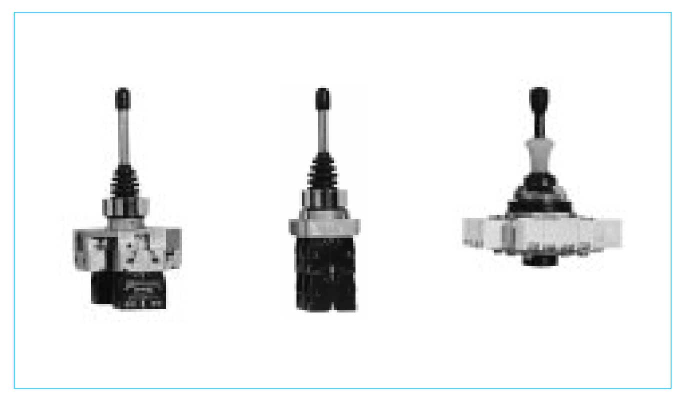
Los manipuladores se utilizan principalmente para controlar desplazamientos sobre uno o dos ejes por medio de contactores, por ejemplo, los movimientos de traslación/dirección o de subida/bajada de los pequeños dispositivos de elevación.
Normalmente, constan de 2 a 8 direcciones, con 1 o 2 contactos por dirección, con o sin retorno a cero.
Ciertos manipuladores pueden integrar un contacto “hombre muerto” en el extremo de la palanca.



Pulsador de conexión a circuitos impresos



Balizas y columnas luminosas XVA de Telemecanique



Manipuladores XD2 de Telemecanique

Conmutador de levas

Los conmutadores de levas pueden constar de un máximo de 16 posiciones y 20 contactos. Los esquemas son predefinidos o realizados bajo pedido con distintos modos de acción de los contactos:
– cerrados sobre una o varias posiciones,
– con o sin interrupción entre dos posiciones,
– solapados.
Los conmutadores pueden utilizarse:
– en circuitos de mando, como conmutadores de voltímetro o de amperímetro, selectores de circuitos, de modos de funcionamiento, etc.,
– en circuitos de potencia, para el control de motores monofásicos o trifásicos (directo de 1 o 2 sentidos de marcha, estrella-triángulo de 1 o 2 sentidos, 2 velocidades de devanados separados o acoplamiento de polos).

Paros de emergencia por cable

Estos aparatos se utilizan en máquinas o instalaciones con zonas de trabajo extensas, por ejemplo máquinas transfer, cintas transportadoras, etc. Permiten ordenar un paro desde cualquier punto de la zona, por simple tracción sobre un cable.

Cajas de pulsadores colgantes

Se utilizan principalmente para controlar desde el suelo aparatos móviles tales como aparejos, pequeños dispositivos elevadores, pórticos de tratamiento de superficie, etc. Pueden constar de hasta 12 elementos de mando (de pulsador, de llave, de maneta, etc.) o de señalización. Existen dos versiones, para circuitos de control y para circuitos de potencia.

Visualización de datos numéricos y alfanuméricos

En numerosas aplicaciones, puede ser necesario vigilar los parámetros con mayor precisión que la que permiten los simples pilotos. Los visualizadores numéricos y alfanuméricos dan respuesta a esta necesidad.

Visualizadores de datos numéricos

Los visualizadores numéricos muestran los resultados de las medidas (temperaturas, presiones...), del contaje (cantidad de piezas producidas...), de la posición de móviles, etc. Son compatibles con las salidas de autómatas de 24 V.

Visualizadores de 1 dígito

Estos visualizadores de Ø 22 mm, con LED de 7 segmentos, son un complemento para la gama de pulsadores y pilotos. Existen dos versiones de entrada:
– decimal + BCD, en las que el valor visualizado corresponde directamente al valor de entrada,
– BCD + latch, en las que el valor visualizado se actualiza y se memoriza en base a la señal de validación (señal latch). Esta versión permite el multiplexado.

Visualizadores de 4 y 6 dígitos

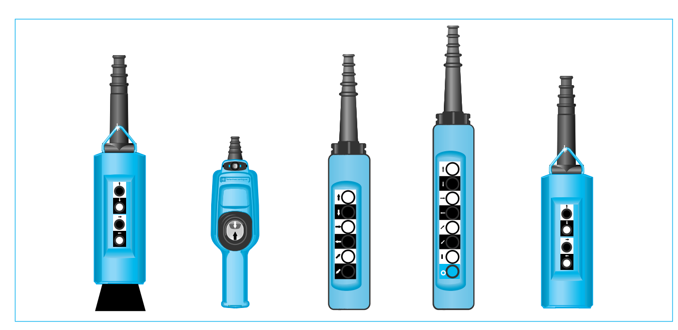
Estos aparatos también utilizan un LED de 7 segmentos. Muestran números de 4 o 6 cifras + punto decimal + signo. La entrada de los datos BCD multiplexados se realiza en paralelo.
Existen varios modos de funcionamiento disponibles: visualización normal, visualización intermitente, totalmente apagado, prueba de encendido total. Los modos se seleccionan mediante señales eléctricas a nivel de las entradas.



Conmutadores de levas K1 de Telemecanique



Visualizadores numéricos de 22 mm de diámetro ZA2 de Telemecanique



Cajas de pulsadores colgantes XAC de Telemecanique



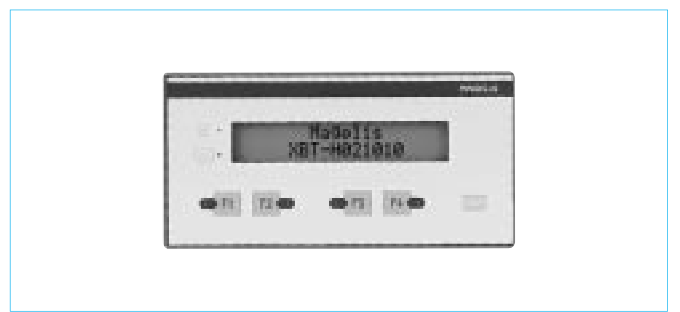
Visualizadores numéricos de 4 o 6 dígitos XBT-K de Telemecanique

Visualizadores de datos alfanuméricos

Los visualizadores alfanuméricos muestran mensajes de configuración y de explotación en el idioma del usuario.
Disponen de una memoria para el almacenamiento de los textos de los mensajes, lo que permite aligerar los programas de los autómatas y reducir el volumen de los intercambios entre autómatas y visualizadores (el autómata se limita a emitir un código identificativo). Los intercambios se realizan por enlace serie asíncrono. Las entradas paralelas hacen posible conectar los visualizadores a unidades de tratamiento equipadas únicamente con salidas TON.
Ciertos modelos de visualizadores matriciales ofrecen otras posibilidades: visualización en 1 o 2 líneas de 10 o 20 caracteres, visualización de símbolos e histogramas, visualización simultánea de variables actualizadas automáticamente, difusión de macromensajes (secuencia de varios mensajes relacionados), almacenaje de sucesos con control de fecha (histórico), impresión en tiempo real de los mensajes o del contenido de la memoria de históricos, etc.

Modificación y adquisición de datos

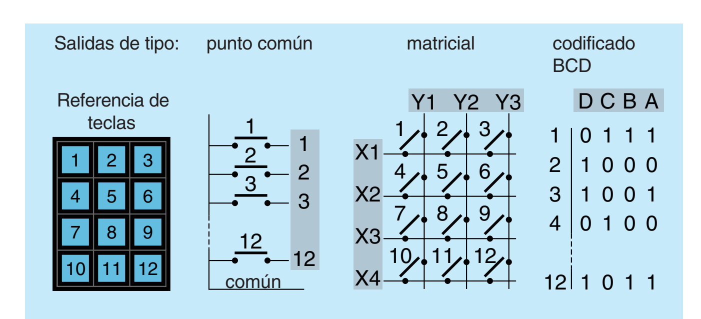
Cuando el proceso requiere que se modifiquen o introduzcan datos (cambio de las coordenadas de posicionamiento de un móvil, cantidad de piezas que se fabrican, etc.), los teclados de introducción y los terminales de control pueden combinarse con los pilotos y visualizadores. Estos productos también resultan útiles cuando el espacio disponible para los conjuntos de mando “Todo o Nada” es limitado.



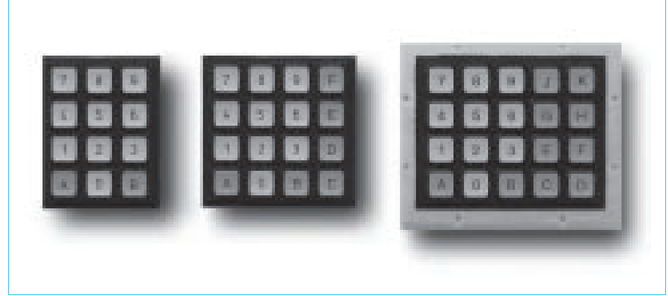
Visualizador alfanumérico Magelis XBT-H de Telemecanique

Teclados de introducción

Los teclados se realizan a partir de una placa de elastómero solidaria de los pulsadores de las teclas que les confiere una excelente resistencia a todo tipo de ambientes industriales.
Están equipados con 12, 16 o 20 teclas de efecto táctil.
Las versiones no codificadas pueden recibir contactos plateados compatibles con las entradas de los autómatas programables o contactos dorados para el control de circuitos TTL o CMOS. Son idóneas para el control de tipo “Todo o Nada”: Marcha/Paro, salida de ciclo, etc. La conexión de los teclados de salida tipo matricial requiere la mitad de entradas que la de los de tipo punto común.
Las versiones codificadas BCD permiten introducir y modificar datos numéricos de manera sencilla y fácil. Las unidades de tratamiento pueden utilizar directamente la información producida por estos teclados.



Las 3 versiones de teclados



Teclados de introducción XBL de Telemecanique

Terminales de diálogo

Los componentes de diálogo descritos en las páginas anteriores ofrecen soluciones idóneas para numerosas aplicaciones. No obstante, la evolución de las unidades de fabricación hacia una mayor flexibilidad exige la posibilidad de realizar cambios rápidos y fáciles en los programas de producción, una gran precisión en los controles y ajustes, la necesidad de modificar los datos, etc. Por consiguiente, los intercambios de datos entre el operador y la máquina son cada vez más numerosos y variados. Resulta imprescindible instalar medios de diálogo avanzados para intervenir con facilidad y rapidez en los parámetros de funcionamiento y para mostrar los datos.
Los terminales de diálogo operador son el complemento natural de los autómatas programables para llevar a cabo estas funciones de diálogo. También pueden asociarse a otros tipos de unidades de tratamiento que estén equipadas con un enlace serie asíncrono. Están disponibles en versiones con visualizador alfanumérico, con pantalla semigráfica monocroma y con pantalla gráfica monocroma y color.

Características generales de los terminales

Grabación de mensajes

Los terminales del operador están dotados de una memoria local para almacenar mensajes o páginas de pantalla. De este modo, permiten reducir el volumen de transmisión de datos y aligerar la memoria de los autómatas.
Para crear y grabar mensajes en los terminales, puede utilizarse:
– un puesto de trabajo PC-PS/2 y un software específico (por ejemplo, software XBTL1000 de Telemecanique),
– un terminal de programación del fabricante (por ejemplo, Modicom TSX de Schneider). Es posible utilizar este modo de programación in situ para eliminar, añadir o modificar mensajes.

Transmisión de datos

Los intercambios entre terminales y autómatas se realizan por medio de un enlace serie asíncrono. Los protocolos utilizados permiten intercambiar datos con autómatas de distintos fabricantes y con cualquier producto dotado de un enlace serie asíncrono.
Los procedimientos de intercambio son totalmente transparentes para el usuario y sólo requieren una programación mínima.

Visualización de mensajes

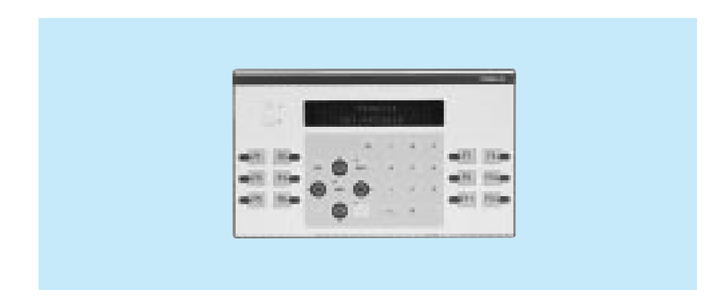
Normalmente, los terminales del operador muestran los mensajes de configuración y funcionamiento en el idioma del operador. Este dispone de toda la información necesaria para realizar un manejo óptimo: estados de la máquina, alarmas, parámetros de funcionamiento y de reglaje. Además, pueden mostrar una representación de la instalación.
La información se muestra por iniciativa del operador, accionando una tecla de función asociada a un mensaje grabado en el terminal, o por iniciativa del autómata, mediante una orden que incluye el número de mensaje grabado.

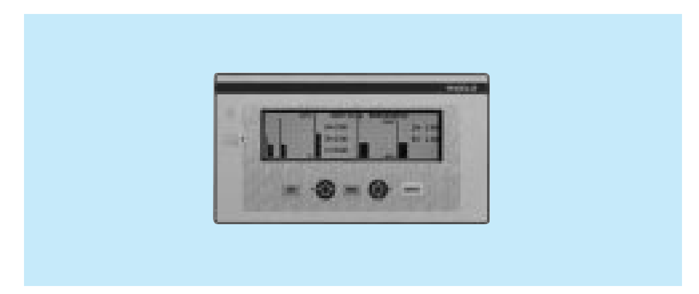
Organos de mando y de introducción de datos

Los terminales constan de un número variable de teclas de efecto táctil que ofrecen distintas posibilidades:
– teclas numéricas o alfanuméricas para introducir consignas (número de piezas que se fabrican...), valores de ajuste (temperatura, presión...), parámetros alfanuméricos (referencias de productos...),
– teclas de función programables para ejecutar órdenes por impulsos, de tipo “pulsar-pulsar” o selectivas. Cada tecla de función se asigna por programa a una variable del autómata y transmite una orden de tipo “Todo o Nada”,
– teclas de servicio: ENTER, MOD…

Terminales de diálogo: visualizadores alfanuméricos

Los terminales con visualizadores alfanuméricos son adecuados para cualquier aplicación que no necesite mostrar permanente ni simultáneamente varios parámetros.
Dependiendo de las versiones, están dotados de un teclado numérico y de un número variable de teclas de función.
Proporcionan las siguientes funciones:
– visualización de mensajes en una o dos líneas de 20 caracteres, y hasta 4 líneas con 40 caracteres,





– enlace de impresora,
– memoria de históricos,
– reloj calendario con batería de seguridad,
– enlace para lector-descodificador de códigos de barras.

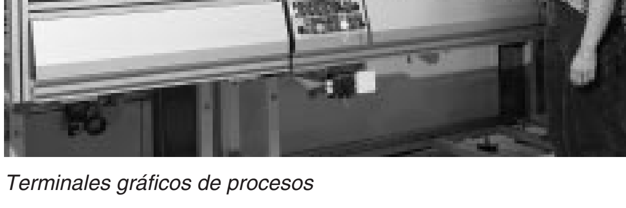
Terminales de diálogo: pantalla semigráfica, gráfica y táctil

Estos terminales de diálogo operador pueden utilizarse siempre que el proceso requiera la visualización simultánea de un elevado número de datos o que la representación simplificada de la máquina pueda resultar útil para su manejo.
Su presentación es compacta, con la pantalla y el teclado integrados en un mismo conjunto. Los teclados pueden estar equipados con teclas de función dinámicas cuya función varía en función de la página activa y teclas de función estáticas.
Los terminales de este tipo permiten visualizar:
– parámetros de explotación (medidas, consignas, recetas) y estados de funcionamiento,
– mensajes o valores para los procedimientos de fabricación, consignas de mantenimiento,
– la representación semigráfica y/o gráfica de las instalaciones con inserción de mensajes o valores alfanuméricos,
– información útil relacionada con varias instalaciones.
También permiten descentralizar los datos hacia pantallas en color o monocromas.
La opción de enlace de impresora permite imprimir:
– los datos a medida que aparecen en pantalla de manera automática,
– la totalidad de la pantalla (hard copy),
– el contenido de la memoria de históricos.

La supervisión

La supervisión es una forma evolucionada de diálogo hombre-máquina cuyas posibilidades superan ampliamente a las de las funciones de mando y vigilancia que se realizan con los interfaces de diálogo descritos en las páginas anteriores. Responde a la necesidad de resolver problemas que, generalmente, requieren una elevada potencia de tratamiento:
– asegurar la comunicación entre los equipos de automatismo y las herramientas informáticas que se utilizan para gestionar la producción y los distintos programas de fabricación,
– coordinar el funcionamiento de los conjuntos de máquinas que componen grupos o líneas de producción garantizando la ejecución de las órdenes comunes (marcha, paro...) y de las tareas como la sincronización, el control de la marcha degradada...
– garantizar la gestión cualitativa y cuantitativa de la producción, tarea que requiere la captura de numerosos datos en tiempo real, su archivado y su tratamiento inmediato o diferido,
– ayudar al operador en las operaciones de diagnóstico y de mantenimiento preventivo y correctivo.
La potencia de tratamiento y las funciones avanzadas de los sistemas de supervisión (llamados igualmente controladores de células industriales) hacen que se utilicen principalmente en los procesos continuos y en los grupos o líneas de producción integrados en estructuras de automatismo distribuidas y jerarquizadas. Sin embargo, también pueden ser de gran ayuda en el caso de las máquinas autónomas controladas por un solo autómata. En muchos casos, el uso de un supervisor puede mejorar sensiblemente el rendimiento, por ejemplo, cuando la producción requiere cambios frecuentes de recetas, cuando los ciclos de producción incluyen fases de preparación o de parada complejas, cuando es necesario gestionar la producción.

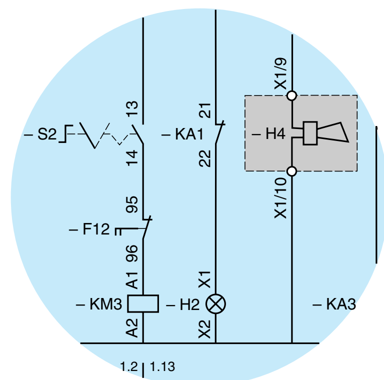






Terminales gráficos de procesos

Capítulo 6



Este capítulo proporciona una selección de símbolos gráficos habituales para la realización de esquemas eléctricos.

Los símbolos están en conformidad con las últimas publicaciones IEC. Constituyen la base de datos que se ha utilizado para diseñar los esquemas del capítulo 7.

No obstante, estos documentos no tienen carácter normativo. No son sino una introducción a la consulta de las normas completas a las que se hace referencia y que constituyen la única fuente fidedigna.

El final del capítulo está dedicado al modo de referenciado en esquemas desarrollados y a la ejecución de los esquemas.

Estandarización de esquemas

Símbolos gráficos

Referenciado en esquemas desarrollados

Ejecución de esquemas

Símbolos gráficos

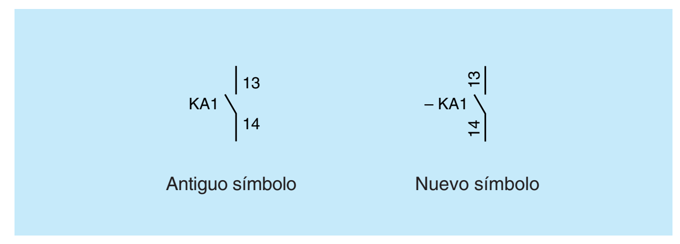
Los símbolos gráficos y las referencias identificativas, cuyo uso se recomienda, están en conformidad con las publicaciones más recientes.
La norma IEC 1082-1 define y fomenta los símbolos gráficos y las reglas numéricas o alfanuméricas que deben utilizarse para identificar los aparatos, diseñar los esquemas y realizar los equipos eléctricos.
El uso de las normas internacionales elimina todo riesgo de confusión y facilita el estudio, la puesta en servicio y el mantenimiento de las instalaciones.

IEC 1082-1 (extractos)

Entre las numerosas aportaciones de la norma IEC 1082-1 (diciembre de 1992), relativa a la documentación electrotécnica, mencionamos dos artículos que modifican los hábitos de representación en los esquemas eléctricos.

- Artículo 4.1.5. Escritura y orientación de la escritura: "...*Toda escritura que figure en un documento debe poderse leer con dos orientaciones separadas por un ángulo de 90° desde los bordes inferior y derecho del documento."*
Este cambio afecta principalmente a la orientación de las referencias de las bornas que, en colocación vertical, se leen de abajo a arriba (ver ejemplos siguientes).
- Artículo 3.3. Estructura de la documentación: *"La presentación de la documentación conforme a una estructura normalizada permite subcontratar e informatizar fácilmente las operaciones de mantenimiento.*
Se admite que los datos relativos a las instalaciones y a los sistemas pueden organizarse mediante estructuras arborescentes que sirven de base. La estructura representa el modo en que el proceso o producto se subdivide en procesos o subproductos de menor tamaño.
Dependiendo de la finalidad, es posible distinguir estructuras diferentes, por ejemplo una estructura orientada a la función y otra al emplazamiento..."

Se debe adquirir el hábito de preceder las referencias de los aparatos eléctricos por un signo "–", ya que los signos "=" y "+" quedan reservados para los niveles superiores (por ejemplo, máquinas y talleres).



Dos innovaciones de la norma IEC 1082-1

Naturaleza de las corrientes

Corriente alterna	∿
Corriente continua	⎓
Corriente rectificada	
Corriente alterna trifásica de 50 Hz	3 ∿ 50 Hz
Tierra	⏚
Masa	
Tierra de protección	
Tierra sin ruido	

Tipos de conductores

Conductor, circuito auxiliar	
Conductor, circuito principal	
Haz de 3 conductores	L1 L2 L3
Representación de un hilo	
Conductor neutro (N)	
Conductor de protección (PE)	
Conductor de protección y neutro unidos	
Conductores apantallados	
Conductores par trenzado	

Contactos

Contacto "NA" (de cierre)	1 – principal 2 – auxiliar	1 2
Contacto "NC" (de apertura)	1 – principal 2 – auxiliar	1 2
Interruptor		
Seccionador		
Contactor		
Ruptor		
Disyuntor		
Interruptor-seccionador		
Interruptor-seccionador de apertura automática		
Fusible-seccionador		

Contactos de dos direcciones no solapado (apertura antes de cierre)	
Contactos de dos direcciones solapado	
Contacto de dos direcciones con posición mediana de apertura	
Contactos presentados en posición accionada	NO NC
Contactos de apertura o cierre anticipado. Funcionan antes que los contactos restantes de un mismo conjunto	NO NC
Contactos de apertura o cierre retardado. Funcionan más tarde que los contactos restantes de un mismo conjunto	NO NC
Contacto de paso con cierre momentáneo al accionamiento de su mando	
Contacto de paso con cierre momentáneo al desaccionamiento de su mando	
Contactos de cierre de posición mantenida	
Interruptor de posición	NO NC
Contactos de cierre o apertura temporizados al accionamiento	NO NC
Contactos de cierre o apertura temporizados al desaccionamiento	NO NC
Interruptor de posición de apertura, de maniobra de apertura positiva	– S1 21 22

Mandos de control

Mando electromagnético Símbolo general	A1 A2
Mando electromagnético Contactor auxiliar	– KA1 A1 A2
Mando electromagnético Contactor	– KM1 A1 A2
Mando electromagnético de 2 devanados	– KA1 A1 A2 B1 B2
Mando electromagnético de puesta en trabajo retardada	– KA1 A1 A2
Mando electromagnético de puesta en reposo retardada	– KA1 A1 A2
Mando electromagnético de un relé de remanencia	– KA1 A1 A2
Mando electromagnético de enclavamiento mecánico	– KA1 A1 A2
Mando electromagnético de un relé polarizado	– KA1 A1 A2
Mando electromagnético de un relé intermitente	– KA1 A1 A2
Mando electromagnético de un relé por impulsos	– KA1 A1 A2 *
Mando electromagnético de accionamiento y desaccionamiento retardados	– KA1 A1 A2
Bobina de relé RH temporizado en reposo	B2 A1 A2 – KA1
Bobina de relé RH de impulso en desactivación	B2 A1 A2 – KA1
Bobina de electroválvula	– KA1 A1 A2

Organos de medida

Relé de medida o dispositivo emparentado Símbolo general	1 2
Relé de sobreintensidad de efecto magnético	– F1 1 2
Relé de sobreintensidad de efecto térmico	– F1 1 2
Relé de máxima corriente	– F1 $I>$
Relé de mínima tensión	– F1 $U<$
Relé de falta de tensión	– F1 $U=0$
Dispositivo accionado por frecuencia	– F1 f
Dispositivo accionado por el nivel de un fluido	– S1
Dispositivo accionado por un número de sucesos	– S1
Dispositivo accionado por un caudal	– S1
Dispositivo accionado por la presión	– B1 P

Mandos mecánicos

1 Enlace mecánico (forma 1) 2 Enlace mecánico (forma 2)	1 2
Dispositivo de retención	
Dispositivo de retención en toma	
Dispositivo de retención liberado	
Retorno automático	
Retorno no automático	
Retorno no automático en toma	
Enclavamiento mecánico	
Dispositivo de bloqueo	
Dispositivo de bloqueo activado, movimiento hacia la izquierda bloqueado	
Mando mecánico manual de pulsador (retorno automático)	– S1
Mando mecánico manual de tirador (retorno automático)	– S1
Mando mecánico manual rotativo (de desenganche)	– S1
Mando mecánico manual "de seta"	– S1
Mando mecánico manual de volante	– S1
Mando mecánico manual de pedal	– S1
Mando mecánico manual de acceso restringido	– S1

Mando mecánico manual de palanca	– S1
Mando mecánico manual de palanca con maneta	– S1
Mando mecánico manual de llave	– S1
Mando mecánico manual de manivela	– S1
Enganche de pulsador de desenganche automático	– S1 *
Mando de roldana	– S1
Mando de leva y roldana	– S1
Control mediante motor eléctrico	M
Control por acumulación de energía mecánica	– S1
Control por reloj eléctrico	– S1
Acoplamiento mecánico sin embrague	
Acoplamiento mecánico con embrague	
Traslación: 1 derecha, 2 izquierda, 3 en ambos sentidos	1 2 3
Rotación: 1-2 unidireccional, en el sentido de la flecha 3 en ambos sentidos	1 2 3
Rotación limitada en ambos sentidos	
Mecanismo de desactivación libre	

Mandos eléctricos

Mando por efecto de proximidad	– S1
Mando por roce	– S1
Dispositivo sensible a la proximidad, controlado por la aproximación de un imán	
Dispositivo sensible a la proximidad, controlado por la aproximación del hierro	Fe

Otros tipos de mandos

Mando neumático o hidráulico de efecto simple	– Y1
Mando neumático o hidráulico de efecto doble	– Y1

Materiales y otros elementos

Cortocircuito fusible	1 – F 2
Cortocircuito fusible con percutor	1 – F 2
Diodo	– V
Rectificador en acoplamiento de doble vía (Puente rectificador) Símbolo desarrollado – Símbolo simplificado	
Tiristor	– V
Transistor NPN	– V
Condensador	– C
Elemento de pila o de acumulador	– G
Resistencia	1 – R 2
Shunt	1 2
Inductancia	1 – L 2
Potenciómetro	1 – R 2
Resistencia dependiente de la tensión: varistancia	1 – R 2 U
Resistencia dependiente de la temperatura: termistancia	1 – R 2 T
Fotorresistencia	1 2
Fotodiodo	
Fototransistor (tipo PNP)	

Materiales y otros elementos

Transformador de tensión	– T1	Válvula	
Autotransformador		Electroválvula	A1 A2
Transformador de corriente	– T1	Contador de impulsos	A1 A2
Chispómetro		Contador sensible al roce	
Pararrayos		Contador sensible a la proximidad	
Arrancador de motor Símbolo general		Detector de proximidad inductivo	
Arrancador estrella-triángulo		Detector de proximidad capacitivo	
Aparato indicador Símbolo general		Detector fotoeléctrico	
Amperímetro	A		
Aparato grabador Símbolo general		Convertidor (símbolo general)	
Amperímetro grabador	A		
Contador Símbolo general			
Contador de amperios-hora	Ah		
Freno Símbolo general			
Freno apretado			
Freno aflojado			
Reloj	– S1		

Señalización

Lampara de señalización o de alumbrado (1)	X1 – H1 X2
Dispositivo luminoso intermitente (1)	X1 – H1 X2
Avisador acústico	1 – H1 2
Timbre	1 – H1 2
Sirena	1 – H1 2
Zumbador	1 – H1 2

(1) Si se desea especificar:

- **El color**

Rojo	RD o C2
Naranja	OG o C3
Amarillo	YE o C4
Verde	GN o C5
Azul	BU o C6
Blanco	WH o C9

- **El tipo**

Neón	Ne
Vapor de sodio	Na
Mercurio	Hg
Yodo	I
Electroluminescente	EL
Fluorescente	FL
Infrarrojo	IR
Ultravioleta	UV

Bornas y conexiones

Derivación		
Derivación doble		
Cruce sin conexión		
Borna		1 2
Puente de bornas, ejemplo con referencias de bornas		11 12 13 14
Puente de bornas, ejemplo con referencias de bornas		11 12 13 14
Conexión por contacto deslizante		
Clavija	1 – Mando 2 – Potencia	1 2
Toma	1 – Mando 2 – Potencia	1 2
Clavija y toma	1 – Mando 2 – Potencia	1 2
Conjunto de conectores Partes fija y variable acopladas		

6

Máquinas eléctricas giratorias

Motor asíncrono trifásico, de rotor en cortocircuito

Motor asíncrono monofásico

Motor asíncrono de dos devanados estátor separados (motor de dos velocidades)

Motor asíncrono con seis bornas de salida (acoplamiento estrella-triángulo)

Motor asíncrono de acoplamiento de polos (motor de dos velocidades)

Motor asíncrono trifásico, rotor de anillos

Motor de imán permanente

Motor asíncrono equipado con sondas de termistancia

Generador de corriente alterna

Generador de corriente continua

Conmutador (trifásico / continuo) de excitación en derivación

Motor de corriente continua de excitación separada

Motor de corriente continua de excitación en serie

Motor de corriente continua de excitación compuesta

Tabla comparativa de los símbolos más habituales

Naturaleza de los símbolos gráficos	Normas europeas	Normas EE.UU.
Contacto de cierre "NA" Potencia-Control		
Contacto de apertura "NC" Potencia-Control		
Contacto temporizado al accionamiento	NO NC	NC NO
Contacto temporizado al desaccionamiento	NO NC	NC NO
Cortocircuito fusible	1 2	
Relé de protección	Térmico Magnético	
Bobinas	A1 A2	A B
Seccionadores		
Disyuntores		Magnético Magneto-térmico
Motores	U V W M1 3 ~	

Referenciado en esquemas desarrollados

En los esquemas desarrollados, el referenciado se rige por reglas de aplicación precisas.
Las referencias definen los materiales, las bornas de conexión de los aparatos, los conductores y los borneros.
El uso de estas reglas facilita las operaciones de cableado y de puesta a punto, al tiempo que contribuye a mejorar la productividad de los equipos debido a la reducción del tiempo de mantenimiento que conlleva.

Referenciado de bornas de conexión de los aparatos

Las referencias que se indican son las que figuran en las bornas o en la placa de características del aparato.
A cada mando, a cada tipo de contacto, principal, auxiliar instantáneo o temporizado, se le asignan dos referencias alfanuméricas o numéricas propias.

Contactos principales

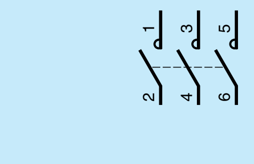
La referencia de sus bornas consta de una sola cifra:
– de 1 a 6: tripolares,
– de 1 a 8: tetrapolares.
Las cifras impares se sitúan en la parte superior y la progresión se efectúa en sentido descendente y de izquierda a derecha.
En los contactores de pequeño calibre, el cuarto polo de un contactor tetrapolar es la excepción a esta regla: la referencia de sus bornas es igual a la del contacto auxiliar "NC", cuyo lugar ocupa. Por otra parte, las referencias de los polos ruptores suelen ir precedidas de la letra "R".

Contactos auxiliares

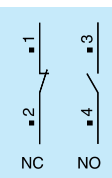
Las referencias de las bornas de los contactos auxiliares constan de dos cifras.
Las cifras de las unidades, o cifras de función, indican la función del contacto auxiliar:
– 1 y 2: contacto de apertura,
– 3 y 4: contacto de cierre,
– 5 y 6: contacto de apertura de funcionamiento especial; por ejemplo, temporizado, decalado, de paso, de disparo térmico,
– 7 y 8: contacto de cierre de funcionamiento especial; por ejemplo, temporizado, decalado, de paso, de disparo en un relé de prealarma.
La cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto del aparato. Dicho número es independiente de la disposición de los contactos en el esquema.
El rango 9 (y el 0, si es necesario) queda reservado para los contactos auxiliares de los relés de protección contra sobrecargas, seguido de la función 5 y 6 o 7 y 8.

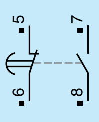
Mandos de control (bobinas)

Las referencias son alfanuméricas y la letra ocupa la primera posición:
– bobina de control de un contactor: A1 y A2,
– bobina de control con dos devanados de un contactor: A1 y A2, B1 y B2.

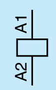


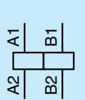
Contactos principales





Contactos auxiliares





Mandos de control

Referenciado de bornas en los borneros

Circuito de control

En cada grupo de bornas, la numeración es creciente de izquierda a derecha y de 1 a n.

Circuito de potencia

De conformidad con las últimas publicaciones internacionales, se utiliza el siguiente referenciado:
– alimentación: L1 - L2 - L3 - N - PE,
– hacia un motor: U - V - W ; K - L - M,
– hacia resistencias de arranque: A - B - C, etc.

Representación del esquema de los circuitos en forma desarrollada

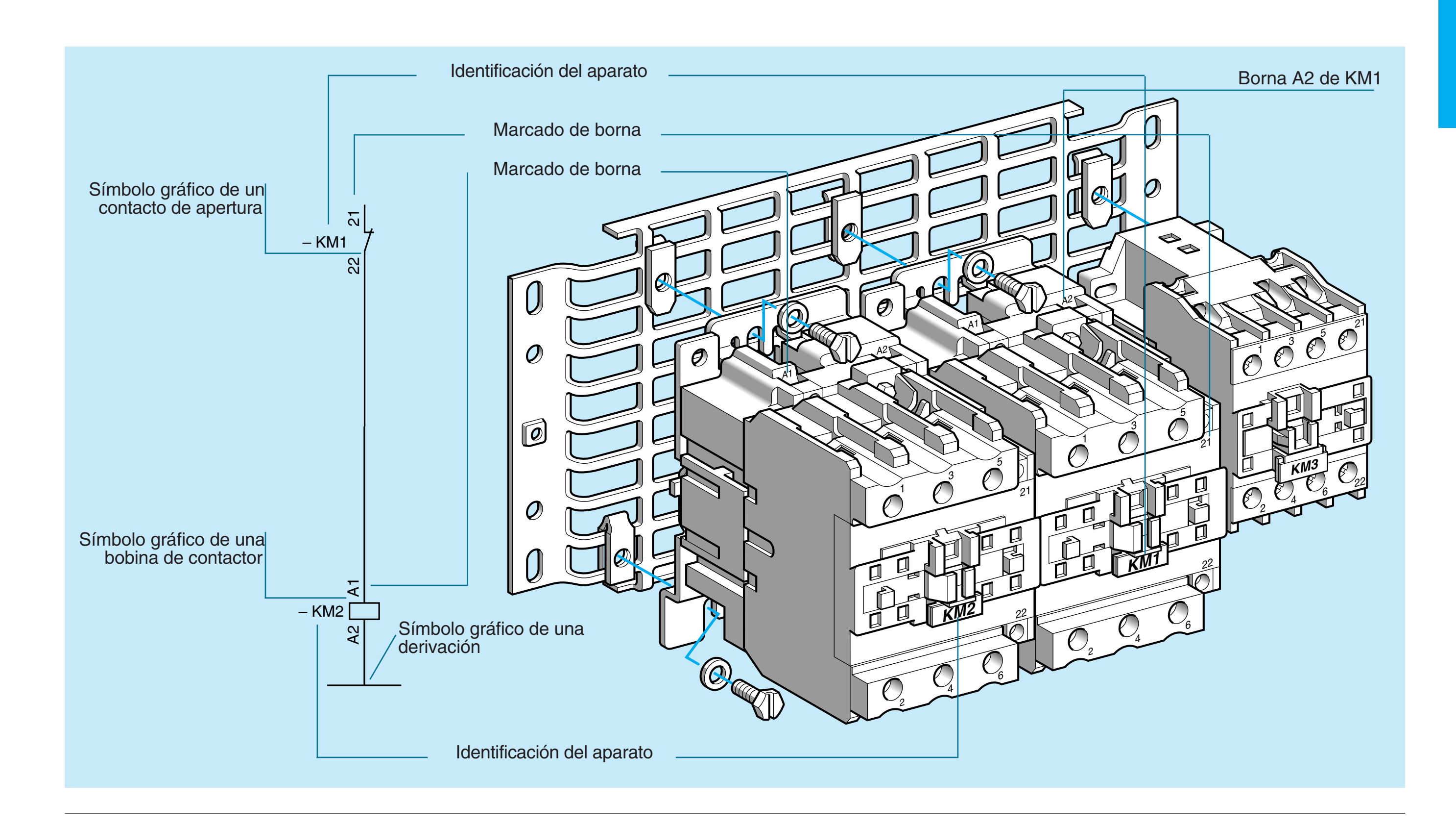
Este tipo de esquema es explicativo y permite comprender el funcionamiento del equipo, ejecutar su cableado y facilitar su reparación.
Mediante el uso de símbolos, este esquema representa un equipo con las conexiones eléctricas y otros enlaces que intervienen en su funcionamiento (ver el dibujo inferior).
Los órganos que constituyen el aparato (bobina, polos, contactos auxiliares, etc.) no se representan los unos cerca de los otros, tal como se implantan físicamente, sino separados y situados de modo que faciliten la comprensión del funcionamiento. Salvo excepción, el esquema no debe contener ningún enlace (trazo interrumpido) entre elementos de un mismo aparato.

Se hace referencia a cada elemento por medio de la identificación del aparato, lo que permite definir su interacción. Por ejemplo, cuando se alimenta la bobina KM2, se abre el contacto 21-22 correspondiente.
Hemos podido ver anteriormente:
– que todos los aparatos que intervienen en la composición de un equipo de automatismo se identifican por medio de una serie alfanumérica,
– que todas las bornas de conexión de los aparatos también se identifican por medio de su marcado.
Las reglas que definen la situación de las referencias identificativas en los esquemas de circuitos son las siguientes:
● La referencia identificativa debe figurar:
– en el caso de los mandos de control, bajo el símbolo o a su izquierda (IEC 1082-1),
– en el caso de los contactos y aparatos, a la izquierda del símbolo (representación vertical de los símbolos).
● Las referencias de marcado de las bornas de un aparato se escriben obligatoriamente a la izquierda del símbolo gráfico del órgano representado, en sentido de lectura ascendente.
Si se emplea la representación horizontal, se aplican las mismas reglas, pero la escritura gira un cuarto de vuelta.

– KA1 21 22
Representación vertical

– KA1 22 21
Representación horizontal

6



Clasificación por letras de referencia

Referencia		Ejemplos de materiales
A	Conjuntos, subconjuntos funcionales (de serie)	Amplificador de tubos o de transistores, amplificador magnético, regulador de velocidad, autómata programable
B	Transductores de una magnitud eléctrica en una magnitud eléctrica o viceversa	Par termoeléctrico, detector termoeléctrico, detector fotoeléctrico dinamómetro eléctrico, presostato, termostato, detector de proximidad
C	Condensadores	
D	Operadores binarios, dispositivos de temporización, de puesta en memoria	Operador combinatorio, línea de retardo, báscula biestable, báscula monoestable, grabador, memoria magnética
E	Materiales varios	Alumbrado, calefacción, elementos no incluidos en esta tabla
F	Dispositivos de protección	Cortocircuito fusible, limitador de sobretensión, pararrayos, relé de protección de máxima de corriente, de umbral de tensión
G	Generadores Dispositivos de alimentación	Generador, alternador, convertidor rotativo de frecuencia, batería oscilador, oscilador de cuarzo
H	Dispositivos de señalización	Piloto luminoso, avisador acústico
K	Relés de automatismo y contactores	Utilizar KA y KM en los equipos importantes
KA	Relés de automatismo y contactores auxiliares	Contactor auxiliar temporizado, todo tipo de relés
KM	Contactores de potencia	
L	Inductancias	Bobina de inducción, bobina de bloqueo
M	Motores	
N	Subconjuntos (no de serie)	
P	Instrumentos de medida y de prueba	Aparato indicador, aparato grabador, contador, conmutador horario
Q	Aparatos mecánicos de conexión para circuitos de potencia	Disyuntor, seccionador
R	Resistencias	Resistencia regulable, potenciómetro, reostato, shunt, termistancia
S	Aparatos mecánicos de conexión para circuitos de control	Auxiliar manual de control, pulsador, interruptor de posición, conmutador
T	Transformadores	Transformador de tensión, transformador de corriente
U	Moduladores, convertidores	Discriminador, demodulador, convertidor de frecuencia, codificador, convertidor-rectificador, ondulador autónomo
V	Tubos electrónicos, semiconductores	Tubo de vacío, tubo de gas, tubo de descarga, lámpara de descarga, diodo, transistor, tiristor, rectificador
W	Vías de transmisión, guías de ondas, antenas	Tirante (conductor de reenvío), cable, juego de barras
X	Bornas, clavijas, zócalos	Clavija y toma de conexión, clips, clavija de prueba, tablilla de bornas, salida de soldadura
Y	Aparatos mecánicos accionados eléctricamente	Freno, embrague, electroválvula neumática, electroimán
Z	Cargas correctivas, transformadores diferenciales, filtros correctores, limitadores	Equilibrador, corrector, filtro

Todos los elementos que componen un equipo de automatismo se identifican mediante una letra (excepcionalmente dos) seguida de un número y seleccionada en esta tabla en base al tipo de elemento. Ejemplo: 1 solo contactor KM1, varios contactores idénticos o no, KM1, KM2, KM3, etc.

Clasificación por tipos de materiales

Material	Referencia	Material	Referencia	Material	Referencia
Alternador	G	Alumbrado	E	Pararrayos	F
Alternador tacométrico	B	Electroimán	Y	Pedal (contacto)	S
Amperímetro	P	Embrague	Y	Placa de bornas	X
Amplificador	A	Grabador	P	Placa (no de serie)	N
Anemómetro	B	Grabador de cintas	D	Puente de diodos, rectificador	V
Aparato grabador	P	Grabador de discos	D	Potenciómetro	R
Aparato indicador	P	Conjunto funcional,		Presostato	B
Aparato mecánico de conexión		subconjunto	A	Toma de corriente	X
para circuitos de potencia	Q				
Aparato mecánico de conexión					
para circuitos de control	S				
Aparato mecánico accionado					
eléctricamente	Y	Clavija	X	Rectificador	V
Avisador luminoso	H	Filtro	Z	Relé de automatismo	K, KA
Avisador acústico	H	Freno electromecánico	Y	Relé temporizado	K, KA
		Fusible	F	Relé polarizado	K, KA
Báscula monoestable, biestable	D			Relé de retención	K, KA
Batería de acumuladores, de pilas	G			Relé de protección	F
Bobina de inducción, de bloqueo	L			Relé magnético	F
Caja de pulsadores	S	Generador	G	Relé magnetotérmico	F
Bornero	X	Generador	B	Relé térmico	F
Pulsador	S			Resistencia	R
Cable	W			Seccionador	Q
Detector fotoeléctrico,		Reloj	P	Selector	S
termoeléctrico	B			Semiconductor	V
Carga correctiva – filtro	Z			Shunt	R
Calefacción	E			Señalización sonora	H
Codificador	U			Zócalo (de toma)	X
Combinador	S	Inductancia	L		
Conmutador	S	Instrumento de medida	P		
Contador de impulsos	P	Interruptor de posición	S		
Contador horario	P			Termistancia	R
Condensador	C			Termostato	B
Contactor de potencia	K, KM			Tiristor	V
Contactor auxiliar	K, KA			Cajón (rack)(no de serie)	N
Contactor auxiliar temporizado	K, KA			Transductor	B
Contactor auxiliar de retención	K, KA	Juego de barras	W	Transformador	T
Cortocircuito fusible	F			Transformador de tensión	T
				Transformador de corriente	T
Demodulador	U	Lámpara	E	Tubo electrónico	V
Detector fotoeléctrico	B	Limitador de sobretensión	F		
Detector de proximidad	B				
Detector de temperatura	B				
Detector de rotación	B				
Detector de presión	B	Manómetro	B	Varistancia	R
Diodo	V	Materiales varios	E	Voltímetro	P
Disyuntor	Q	Memoria	D	Piloto luminoso	H
Dispositivo de protección	F	Motor	M		
Dispositivo de umbral de tensión	F				
Dispositivo de puesta en memoria	D				
Dispositivo de señalización	H				
Dinamómetro eléctrico	B	Ondulador	U	Vatímetro	P

Ejecución de esquemas

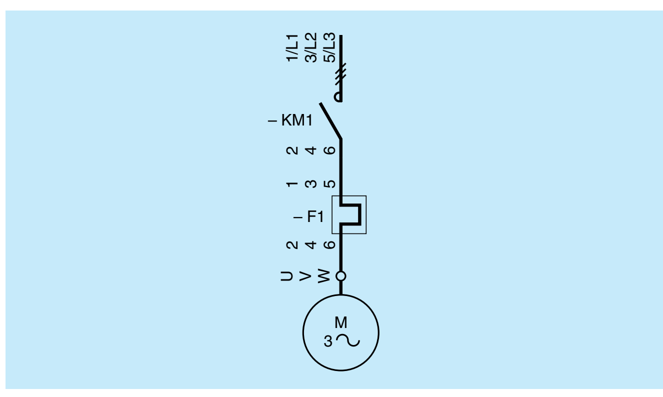
Los circuitos de potencia, de control y de señalización se representan en dos partes diferentes del esquema, con trazos de distinto grosor.

Colocación general en la representación desarrollada

Las líneas horizontales de la parte superior del esquema del circuito de potencia representan la red. Los distintos motores o aparatos receptores se sitúan en las derivaciones.
El esquema de control se desarrolla entre dos líneas horizontales que representan las dos polaridades.

Representación del circuito de potencia
Es posible representar el circuito de potencia en forma unifilar o multifilar. La representación unifilar sólo debe utilizarse en los casos más simples, por ejemplo, arrancadores directos, arrancadores de motores de dos devanados, etc.
En las representaciones unifilar, el número de trazos oblicuos que cruzan el trazo que representa las conexiones indica el número de conductores similares. Por ejemplo:
– dos en el caso de una red monofásica,
– tres en el caso de una red trifásica.
Las características eléctricas de cada receptor se indican en el esquema, si éste es simple, o en la nomenclatura. De este modo, el usuario puede determinar la sección de cada conductor.
Las bornas de conexión de los aparatos externos al equipo se representan igualmente sobre el trazado.

6



Representación unifilar de un circuito de potencia

Representación de los circuitos de control y de señalización

Los circuitos de control y de señalización, y los símbolos correspondientes a los mandos de control de contactores, relés y otros aparatos controlados eléctricamente, se sitúan unos junto a otros, en el orden correspondiente a su alimentación (en la medida de lo posible) durante el funcionamiento normal.

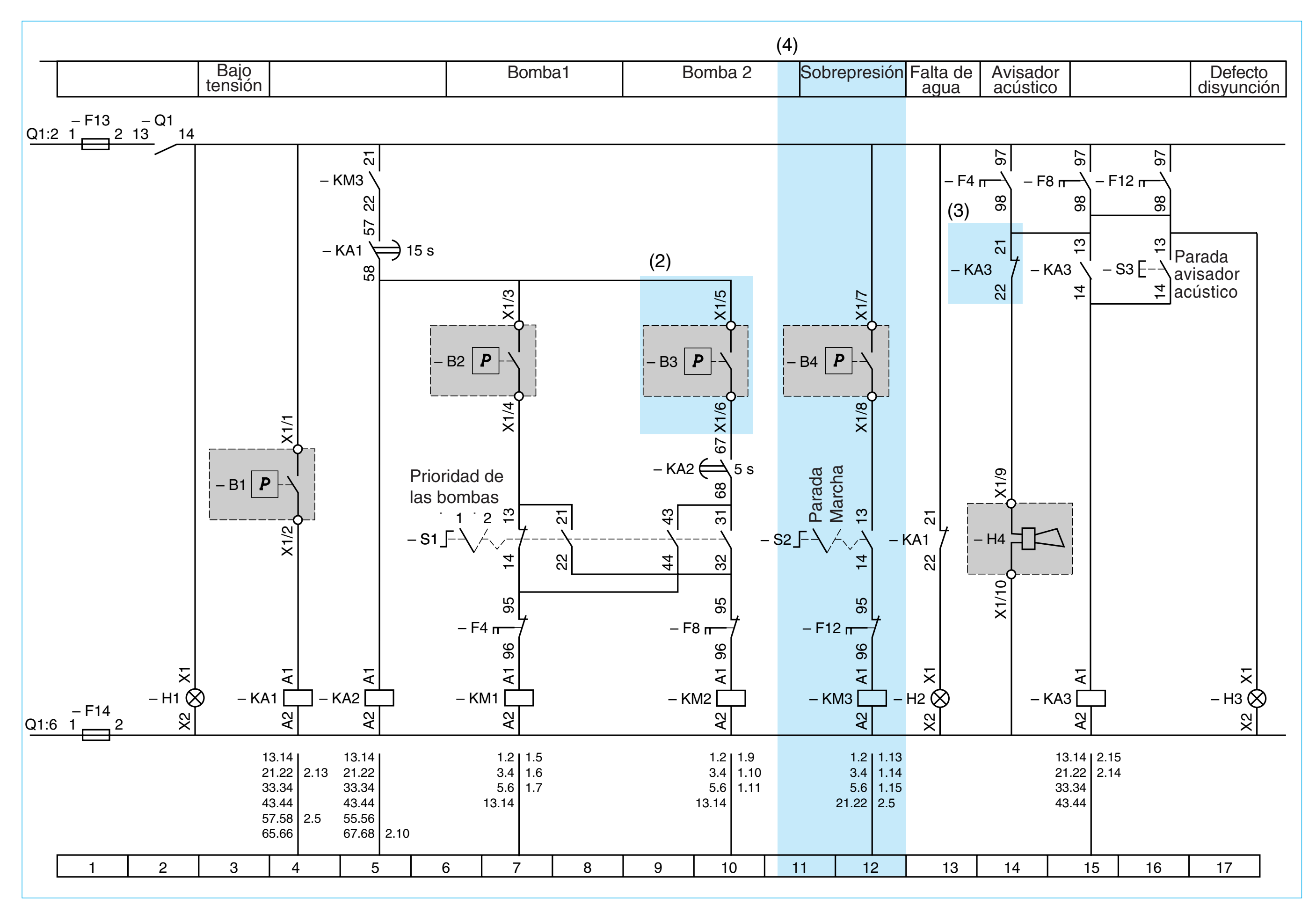
Dos líneas horizontales o conductores comunes representan la alimentación. Las bobinas de los contactores y los distintos receptores, lámparas, avisadores, relojes, etc., se conectan directamente al conductor inferior. Los órganos restantes, contactos auxiliares, aparatos externos de control (botones, contactos de control mecánico, etc.), así como las bornas de conexión, se representan sobre el órgano controlado.

Los conjuntos y los aparatos auxiliares externos pueden dibujarse en un recuadro de trazo discontinuo, lo que permite al instalador determinar fácilmente el número de conductores necesarios para su conexión (2).

Indicaciones complementarias

Para que el esquema sea más claro, las letras y las cifras que componen las referencias identificativas que especifican la naturaleza del aparato se inscriben a la izquierda y horizontalmente. En cambio, el marcado de sus bornas se escribe a la izquierda pero de manera ascendente (3).

En una disposición horizontal, la referencia identificativa y las referencias de las bornas se sitúan en la parte superior. Dado que los aparatos están agrupados por función y según el orden lógico de desarrollo de las operaciones, su función, así como la del grupo al que pertenecen, son idénticas. En el caso de esquemas complejos, cuando resulta difícil encontrar todos los contactos de un mismo aparato, el esquema desarrollado del circuito de control va acompañado de un referenciado numérico de cada línea vertical. Las referencias numéricas de los contactos se sitúan en la parte inferior de los mandos de control que los accionan. Se incluye igualmente el número de la línea vertical en la que se encuentran (4). En caso de ser necesario, se especifica el folio del esquema.



Ejemplo de esquema desarrollado

Capítulo 7

Presentamos en este capítulo los esquemas básicos del automatismo.

En dichos esquemas abundan los componentes electromecánicos, como los contactores. No obstante, hoy en día, la alimentación mediante arrancadores y variadores ocupa un lugar importante en las soluciones que se suelen adoptar para el control de motores, por lo que también ofrecemos esquemas que utilizan este tipo de material.

Cada ejemplo incluye los esquemas de potencia y de control. Va acompañado de una descripción de su funcionamiento y de sus posibles características especiales. Asimismo, se recomienda una selección del material necesario para la realización del equipo.

Estos esquemas básicos –en los que se utilizan los símbolos normalizados definidos en el capítulo 6– pueden integrarse en conjuntos más complejos, como los de las aplicaciones que proponemos en el capítulo 8.

Esquemas básicos

Control manual de un contactor

Mediante conmutador

Características

Conmutador mantenido en posición cerrada por un dispositivo de retención.
Cuando se produce un corte de corriente, el contactor KM1 se abre y el motor se para. Al volver la tensión de la red, y como el contacto del conmutador se había mantenido, el contactor vuelve a cerrarse y la máquina vuelve a ponerse en marcha sin que intervenga el operador.
Este tipo de control sólo puede utilizarse en máquinas definidas como no peligrosas (bombas, climatizadores...) y que funcionan habitualmente sin vigilancia. En todos los demás casos deberá utilizarse un control manual mediante pulsadores a impulso.

Funcionamiento

Cierre del contactor KM1 por contacto (13-14) del interruptor S1.

Mediante pulsador a impulso

Características

Pulsador con retorno automático.
La bobina del contactor sólo está alimentada durante el tiempo que dura el impulso.

Funcionamiento

Cierre del contactor KM1 por contacto (13-14) del pulsador S1.

Local mediante los pulsadores del cofre

Características

Pulsadores I y O fijados al cofre.
Posibilidad de añadir uno o varios puestos de control a distancia.

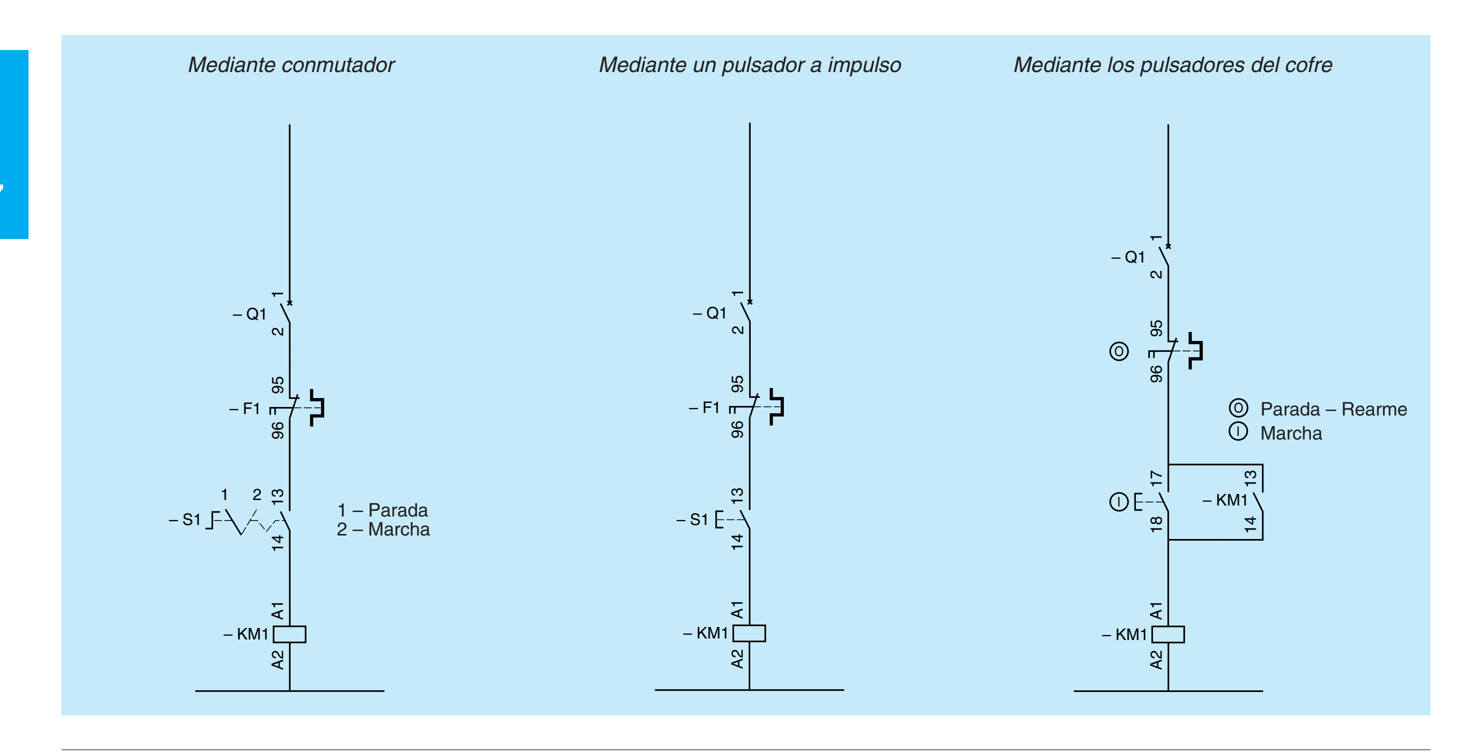
Funcionamiento

Cierre del contactor KM1 por impulso en el pulsador I.
Cierre del contacto de automantenimiento (13-14).
Parada por impulso en el pulsador O que actúa mecánicamente en el contacto (95-96) del relé de protección térmica.

Material necesario:

Toda la gama de contactores tipo LC1-, así como contactores de mayor tamaño o especiales y, cuando el circuito de control está alimentado en corriente continua o rectificada, contactores tipo LP1- y LC1-F.
– Q1: disyuntor de control, tipo GB2.
• Auxiliares de control:
– S1: unidades de control y de señalización, tipo XB2-B, XA2-B
– cajas de pulsadores, tipo XAL-
– puestos de seguridad, tipo XY2, XAS-
– interruptores de pedal, tipo XPE-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Referencias de los equipos catalogados:
– en chasis, tipo LC4-
– en cofre, tipo LE1-, LE4-, LG7-.



Control manual de un contactor

Mediante dos pulsadores a impulso

Características

Cuando se produce un corte de corriente, el contactor se abre y es imprescindible un impulso en el pulsador S2 para provocar nuevamente el cierre. Existe la posibilidad de añadir uno o varios puestos de control a distancia.

Funcionamiento

Cierre del contactor KM1 por contacto (13-14) del pulsador S2.
Automantenimiento por contacto (13-14) de KM1.
Parada por contacto (21-22) del pulsador S1.

Mediante varios pulsadores a impulso

Características

Posibilidad de control a distancia, desde varios puntos distintos.

Funcionamiento

Cierre del contactor KM1 mediante uno u otro de los pulsadores de marcha S2-S4 montados en paralelo.
Automantenimiento por contacto (13-14).
Parada mediante cualquiera de los pulsadores de parada S1-S3 montados en serie.

Normal impulsos

Características

Posibilidad de realizar maniobras de aproximación (cinta transportadora, línea de transporte), o de proceder al reglaje de una máquina (torno, máquina impresora), o al posicionamiento de una pieza.

Funcionamiento

- Conmutador en posición “normal”:

Contacto (13-14) del conmutador cerrado.
Cierre del contactor KM1 por contacto (13-14) del pulsador de marcha S2.
Automantenimiento por (13-14) de KM1.
Parada por contacto (21-22) del pulsador S1.

- Conmutador en posición “impulsos”:

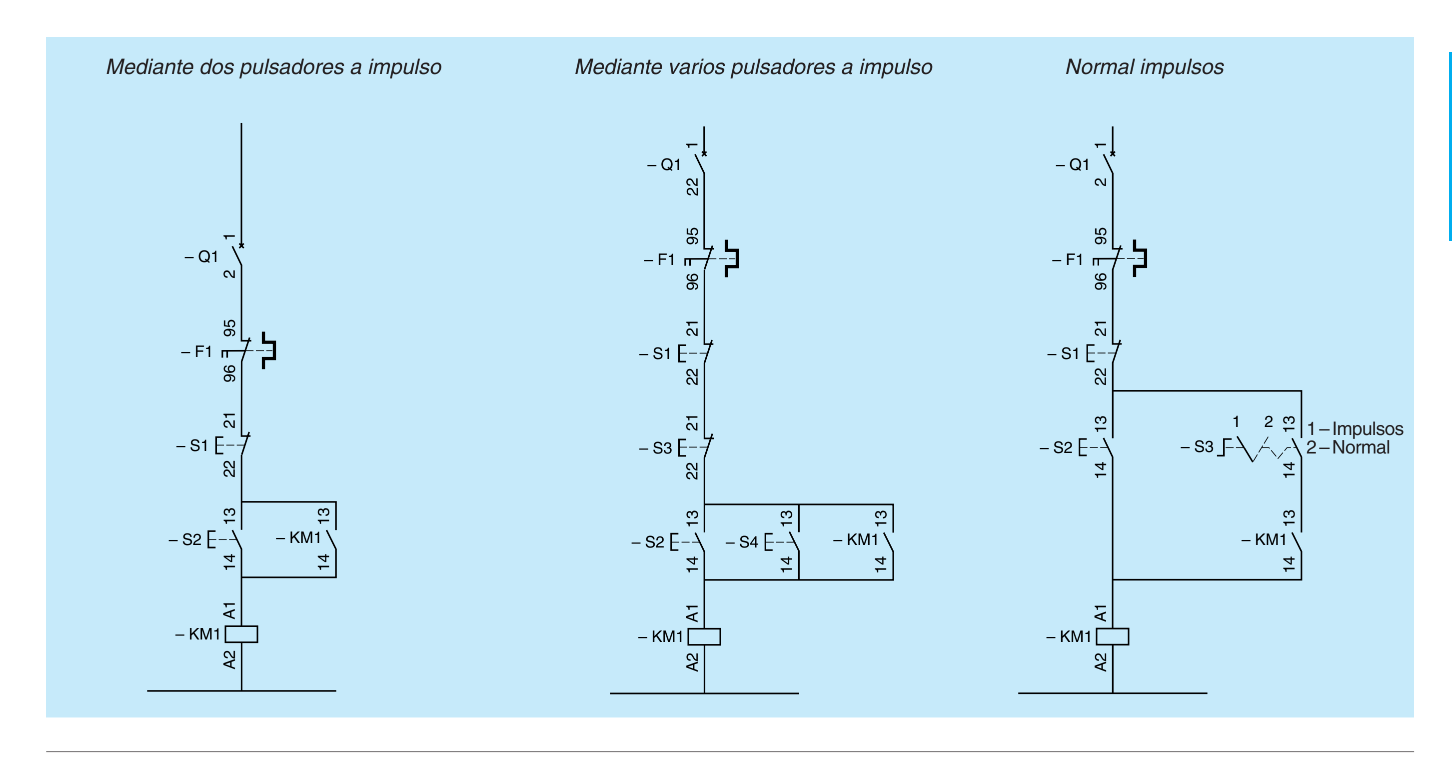
Contacto (13-14) del conmutador abierto.
Cierre de KM1 por contacto (13-14) del pulsador de marcha S2, pero apertura de KM1 en cuanto cesa el impulso.

Material necesario:

Toda la gama de contactores tipo LC1-, así como contactores de mayor tamaño o especiales y, cuando el circuito de control está alimentado en corriente continua o rectificada, contactores tipo LP1- y LC1-F.
– Q1: disyuntor de control, tipo GB2.
• Auxiliares de control:
– S1 a S3: unidades de control y de señalización, tipo XB2-B, XA2-B
– cajas de pulsadores, tipo XAL-
– puestos de seguridad, tipo XY2-, XAS-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Referencias de los equipos catalogados:

– en chasis, tipo LC4-
– en cofre, tipo LE1-, LE4-, LG7-.



Control automático de un contactor, o automático y manual asociados

Automático

Características

La instalación funciona sin vigilancia.
El contacto del relé de protección F1 va obligatoriamente equipado con un dispositivo de retención.

Funcionamiento

Cierre del contactor KM1 por contacto (21-22) activado por un flotador, un presostato, un reloj, etc.

Automático o manual, mediante conmutador “auto-parada-man”

Características

En funcionamiento “manual”, al estar el contacto (21-22) del flotador puenteado por el del conmutador, el operador debe encargarse de la instalación en funcionamiento forzado y de su vigilancia.

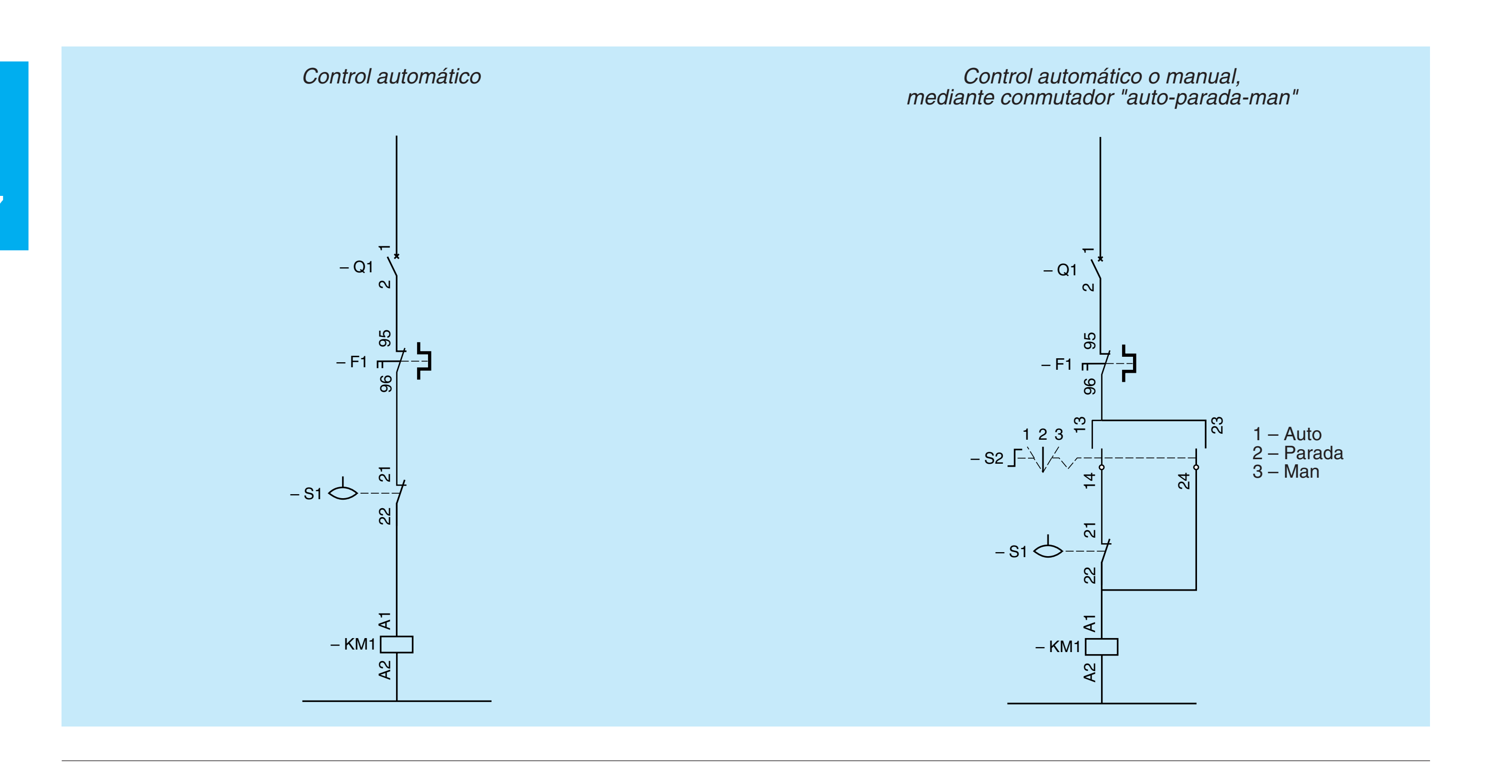
Funcionamiento

- Conmutador en “auto”:
Cierre del contactor KM1 por contacto (21-22) del flotador, presostato, reloj, etc.
- Conmutador en “manual”:
Cierre de KM1 por contacto (23-24) del conmutador.

Material necesario:

Toda la gama de contactores tipo LC1-, así como contactores de mayor tamaño o especiales y, cuando el circuito de control está alimentado en corriente continua o rectificada, contactores tipo LP1- y LC1-F.
– Q1: disyuntor de control, tipo GB2.
• Auxiliares de control y detección:
– unidades de control y señalización, tipo XB2-B, XA2-B
– cajas de pulsadores, tipo XAL-
– puestos de seguridad, tipo XY2-, XAS-
– interruptores de pedal, tipo XPE-
– interruptores de posición, tipo XC2-, XCM-, XCK-
– presostatos y vacuostatos, tipo XML – A/B/E
– detectores de proximidad inductivos, tipo XS
– detectores fotoeléctricos, tipo XU
– interruptores de flotador, tipo XL1-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Referencias de los equipos catalogados:
– en chasis, tipo LC4-
– en cofre, tipo LE1-, LE4-, LG7-.



Controles manual y automático asociados de un contactor

Enclavamiento del pulsador “marcha”

Características

Posibilidad de enclavamiento del cierre de un contactor a la posición de un aparato o de una pieza mecánica (leva circular, etc.) al finalizar un ciclo automático, antes de ordenar el inicio del ciclo siguiente. Este esquema se denomina comúnmente “Cero de reostato”.

Funcionamiento

- Contacto (21-22) de S3 cerrado:

Cierre del contactor KM1 por contacto (13-14) del pulsador de marcha S2.
Automantenimiento par (13-14) de KM1.
Apertura sin efecto de (21-22).
Parada por contacto (21-22) del pulsador S1.

- Contacto (21-22) de S3 abierto:

El impulso en el pulsador de marcha S2 resulta ineficaz.

Rearme automático de un contactor

Características

Rearme automático de un contactor, durante un periodo determinado, en caso de bajada de tensión o de corte de la tensión de alimentación.
Se utiliza en algunas industrias (textil, papel, vidrio), cuando las paradas perturban la fabricación.
Nota: si el contactor va asociado a un relé de protección, éste debe dotarse de un dispositivo de retención. También puede utilizarse un dispositivo retardador capacitivo de apertura, tipo NY1-, para cortes que no superen los 4 segundos.

Funcionamiento

Cierre del contactor KM1 por contacto (13-14) del pulsador a impulso.
Automantenimiento de KM1 por (57-58).
En caso de fuerte bajada de tensión o de falta de tensión, apertura de KM1.
Si la interrupción es inferior a la temporización del contacto (57-58), máximo 3 minutos, cierre de KM1 en cuanto vuelve la tensión.
Si la interrupción es superior, apertura definitiva de KM1.
Parada inmediata por contacto (21-22) del pulsador de retención O.

Nota: utilizar un pulsador de posición mantenida desenclavable mediante pulsador a impulso.

Material necesario:

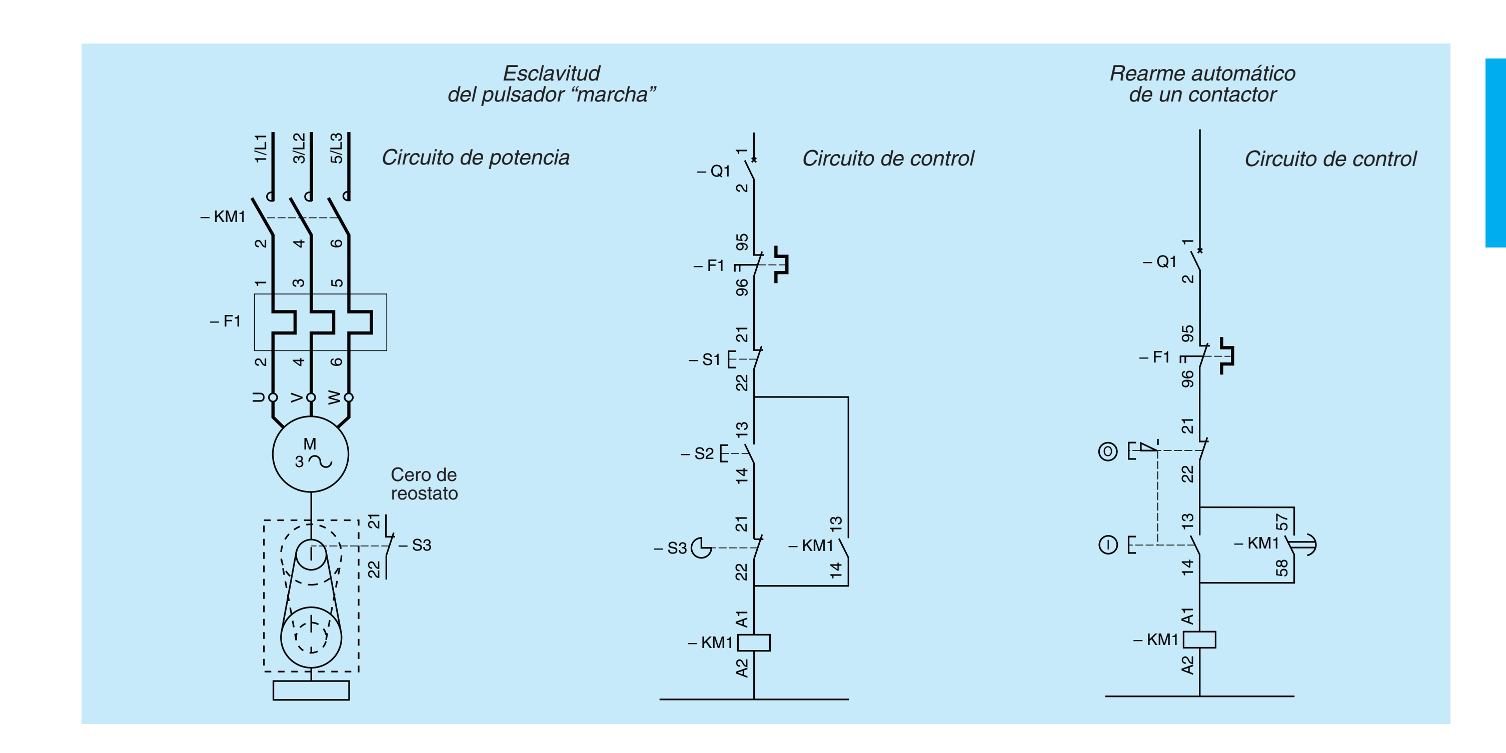
Toda la gama de contactores tipo LC1-, así como contactores de mayor tamaño o especiales y, cuando el circuito de control está alimentado en corriente continua o rectificada, contactores tipo LP1- y LC1-F.
– Q1: disyuntor de control, tipo GB2.

• Auxiliares de control:
– unidades de control y señalización, tipo XB2-B, XA2-B
– cajas de pulsadores, tipo XAL-
– cajas colgantes, tipo XAC-
– puestos de seguridad, tipo XY2-, XAS-
– interruptores de pedal, tipo XPE-
– interruptores de posición, tipo XC2-, XCM-, XCK-.

• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Referencias de los equipos catalogados:

– en chasis, tipo LC4-
– en cofre, tipo LE1-, LE4-, LG7-.



Control manual de dos contactores

Mediante conmutador

Características

Posibilidad de invertir el sentido de rotación de un motor.
El operador controla el arranque y la parada.
Enclavamiento mecánico y eléctrico entre ambos contactores.

Funcionamiento

- Contacto (13-14) del conmutador cerrado.
Cierre del contactor KM1, si KM2 está abierto.
Apertura del contacto (21-22) de KM1 (enclavamiento eléctrico de KM2).
Parada por acción en el conmutador S1.
- Contacto (23-24) del conmutador cerrado.
Cierre del contactor KM2, si KM1 está abierto.
Apertura del contacto (21-22) de KM2 (enclavamiento eléctrico de KM1).
Parada mediante conmutador S1.

Mediante pulsadores a impulso

Características

Posibilidad de invertir el sentido de rotación de un motor.
El operador controla el arranque y la parada.
Enclavamiento mecánico y eléctrico entre ambos contactores.

Funcionamiento

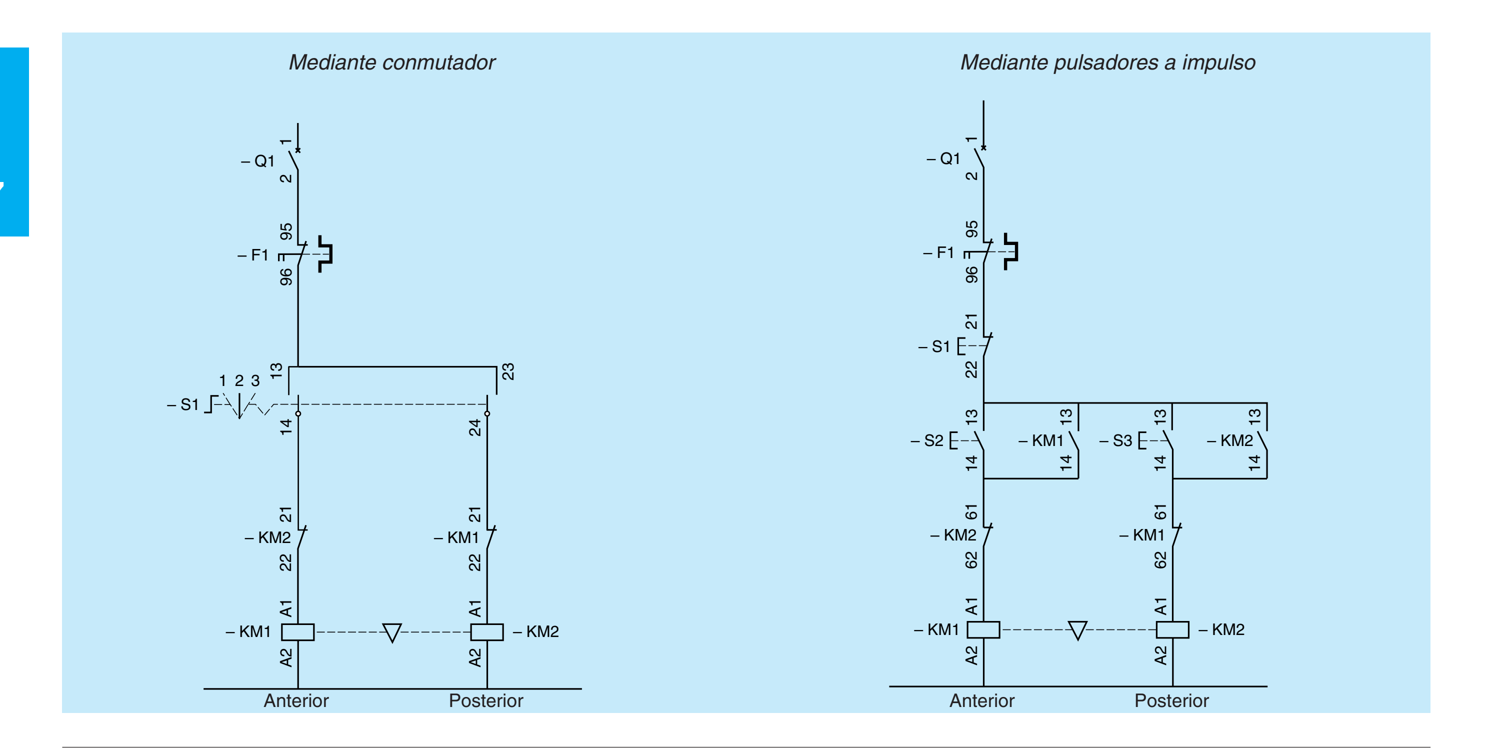
- Anterior:
Impulso en pulsador S2.
Cierre del contactor KM1, si KM2 está abierto.
Automantenimiento de KM1 (13-14).
Apertura del contacto (61-62) de KM1 (enclavamiento eléctrico de KM2).
Parada por acción en el pulsador S1.
- Posterior:
Impulso en pulsador S3.
Cierre del contactor KM2, si KM1 está abierto.
Automantenimiento de KM2 (13-14).
Apertura del contacto (61-62) de KM2 (enclavamiento eléctrico de KM1).
Parada mediante pulsador S1.

Material necesario:

• Contactores-inversores, tipo LC2-, o 2 contactores, tipo LC1- mecánicamente enclavados + aditivo LA1-DN
– Q1: disyuntor de control, tipo GB2.
• Auxiliares de control:
– unidades de control y señalización, tipo XB2-B, XA2-B
– cajas de pulsadores, tipo XAL-
– cajas colgantes, tipo XAC-
– puestos de seguridad, tipo XY2-, XAS-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM,…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Referencias de los equipos catalogados:

con o sin seccionador
– cofres protegidos o estancos, tipo LE2-.



Controles manual y automático asociados de dos contactores

Mediante conmutador e interruptores de posición

Características

Posibilidad de invertir el sentido de rotación de un motor.
El operador controla el arranque y la parada.
Parada automática en final de carrera.
Enclavamiento mecánico y eléctrico entre ambos contactores.

Funcionamiento

- Contacto (13-14) del conmutador cerrado.

Cierre del contactor KM1, si el contacto de fin de carrera S2 está cerrado y el contactor KM2 abierto.
Apertura del contacto (21-22) de KM1 (enclavamiento eléctrico de KM2).
Parada mediante conmutador S1 o interruptor de posición S2.

- Contacto (23-24) del conmutador cerrado.

Cierre del contactor KM2, si el contacto del interruptor de posición S3 está cerrado y el contactor KM1 abierto.
Apertura del contacto (21-22) de KM2 (enclavamiento eléctrico de KM1).
Parada mediante conmutador S1 o interruptor de posición S3.

Mediante pulsadores a impulso e interruptores de posición

Características

Idénticas a las descritas en la columna anterior.

Funcionamiento

- Anterior:

Impulso en pulsador S2.
Cierre del contactor KM1, si el contacto del interruptor de posición S4 está cerrado y el contactor KM2 abierto.
Automantenimiento de KM1 (13-14).
Apertura del contacto (61-62) de KM1 (enclavamiento eléctrico de KM2).
Parada mediante pulsador S1 o interruptor de posición S4.

- Posterior:

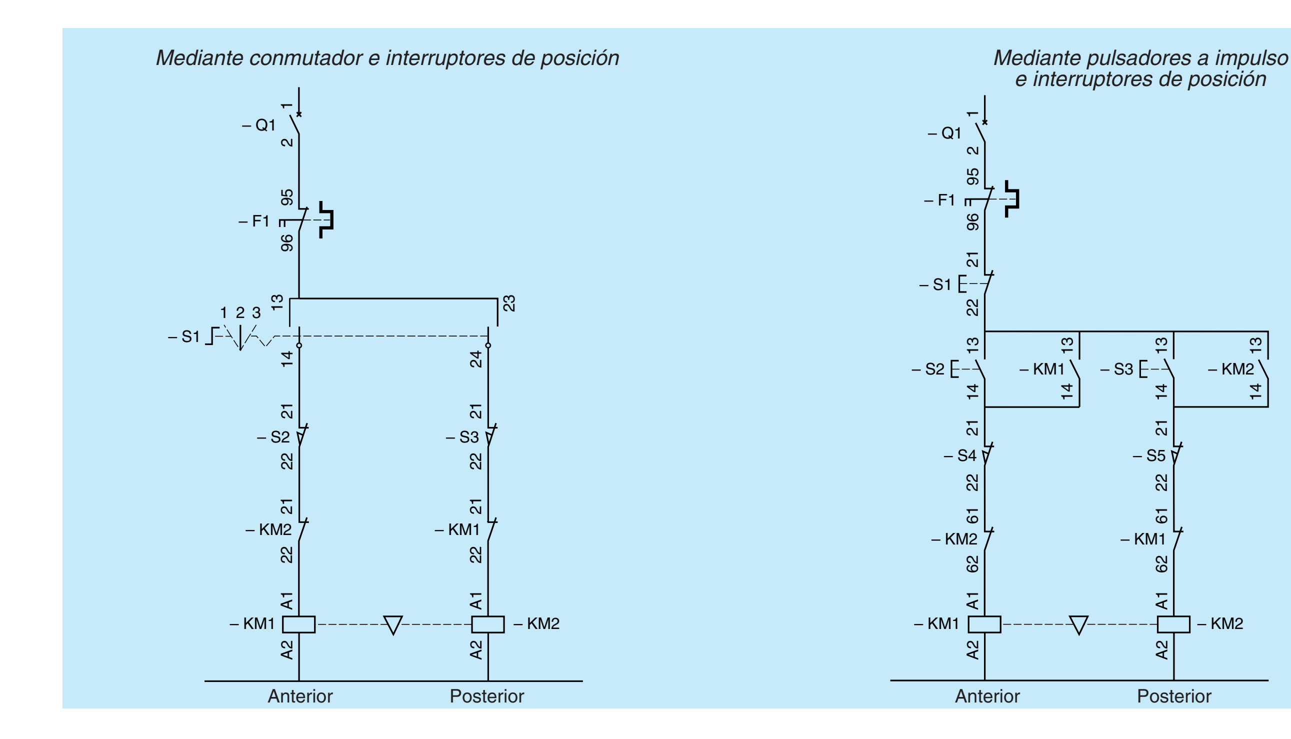
Impulso en pulsador S3.
Cierre del contactor KM2, si el contacto del interruptor de posición S5 está cerrado y el contactor KM1 abierto.
Automantenimiento de KM2 (13-14).
Apertura del contacto (61-62) de KM2 (enclavamiento eléctrico de KM1).
Parada mediante pulsador S1 o interruptor de posición S5.

Material necesario:

• Contactores-inversores, tipo LC2-, o 2 contactores tipo LC1- mecánicamente enclavados:
– Q1: disyuntor de control, tipo GB2.
• Auxiliares de control y detección:
– unidades de control y señalización, tipo XB2-B, XA2-B
– cajas de pulsadores, tipo XAL-
– cajas colgantes, tipo XAC-
– puestos de seguridad, tipo XY2-, XAS-
– interruptores de posición, tipo XC2-, XCM-, XCK-
– detectores de proximidad inductivos, tipo XS
– detectores fotoeléctricos, tipo XU.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Referencias de los equipos catalogados:

con o sin seccionador
– cofres protegidos o estancos, tipo LE2-.



Alimentación directa del circuito de control

El circuito de control está conectado en derivación al circuito de potencia, bien entre dos fases, bien entre una fase y el neutro.

Entre fases

Equipo con seccionador portafusibles de potencia

La conexión se efectúa a las bornas 2 y 6 del seccionador Q1.
Los polos principales del seccionador Q1 realizan la función de seccionamiento del circuito de control.
El contacto de precorte (13-14) de Q1 corta la alimentación de la bobina del contactor en caso de maniobra accidental del seccionador en carga.
La protección del circuito de control corre a cargo del disyuntor de control Q2, que debe poder soportar la tensión entre fases de la red de alimentación y estar calibrado para proteger el circuito de control contra cortocircuitos, dejando pasar la corriente de llamada de los electroimanes de los contactores.
Cuando la corriente nominal del equipo no supera los 20 A, la protección del circuito de control puede realizarse mediante los fusibles del circuito de potencia, en determinadas condiciones: véanse las normas relativas a los equipos eléctricos de las máquinas industriales IEC 204 o NF EN 60 204.

Equipo sin seccionador ni fusibles de potencia

El circuito de control está conectado entre las fases de alimentación L1 y L3.
Al igual que en el caso anterior, un disyuntor de control de tipo GB2 es el que realiza la protección.
Las disposiciones son las mismas que las indicadas para un equipo con seccionador porta fusibles de potencia.
No obstante, en aquellos casos en los que pueda asegurarse la protección del circuito de control mediante los fusibles del circuito potencia, situados antes del equipo, deberá examinarse el problema en el marco de la propia instalación.

Entre fase y neutro

El circuito de control está conectado entre una fase (por ejemplo L1) y el neutro.
Si el neutro no está directamente conectado a tierra (esquema IT), el conductor que va conectado al mismo debe ir protegido según se indica en el esquema “alimentación directa entre fases”.
El conductor conectado al neutro siempre debe ser el común de las bobinas.

Conexión

Entre fases con seccionador portafusibles de potencia

Entre fases sin seccionador ni fusibles potencia

Entre fase y neutro

Dispositivo de control

Alimentación auxiliar del circuito de control

El circuito de control puede alimentarse con una tensión idéntica o distinta de la del circuito de potencia, entre dos fases o entre une fase y el neutro, a través de dos bornas Cl y C2.

Entre fases

La protección del circuito de control corre a cargo del disyuntor de control Q2, que debe poder soportar la tensión entre fases de la red de alimentación y estar calibrado para proteger el circuito de control contra cortocircuitos, dejando pasar la corriente de llamada de los electroimanes de los contactores.

Entre fase y neutro

Cuando la distribución lleva el neutro a tierra (esquemas TT o TN), puede eliminarse el disyuntor de control Q2 o sustituirse por una pletina.
Si el neutro no está directamente conectado a tierra (esquema IT), el conductor que va conectado al mismo debe ir protegido.
El conductor conectado al neutro siempre debe ser el común de las bobinas.
Si el circuito de control es amplio, conviene instalar un dispositivo de seccionamiento que podrá obtenerse o bien mediante un disyuntor situado a la entrada del circuito, o bien retirando los fusibles o barretas.
La alimentación a través de un transformador de separación constituye una red distinta, para la que será necesario elegir un esquema de conexión a tierra o aplicar la “separación de seguridad”.

Nota:
Las anteriores recomendaciones tienen en cuenta las siguientes normas y reglamentos:
– instalaciones eléctricas BT: NF C 15-100,
– conjuntos de equipos industriales BT montados en fábrica: NF EN 60 439-1, IEC 439-1.
en su caso completadas por:
– equipos eléctricos de las máquinas industriales: NF EN 60 204, IEC 204.

Alimentación auxiliar

C1
– Q1
1
2
95
– F1
96
Dispositivo de control
A1
– KM1
A2
C2

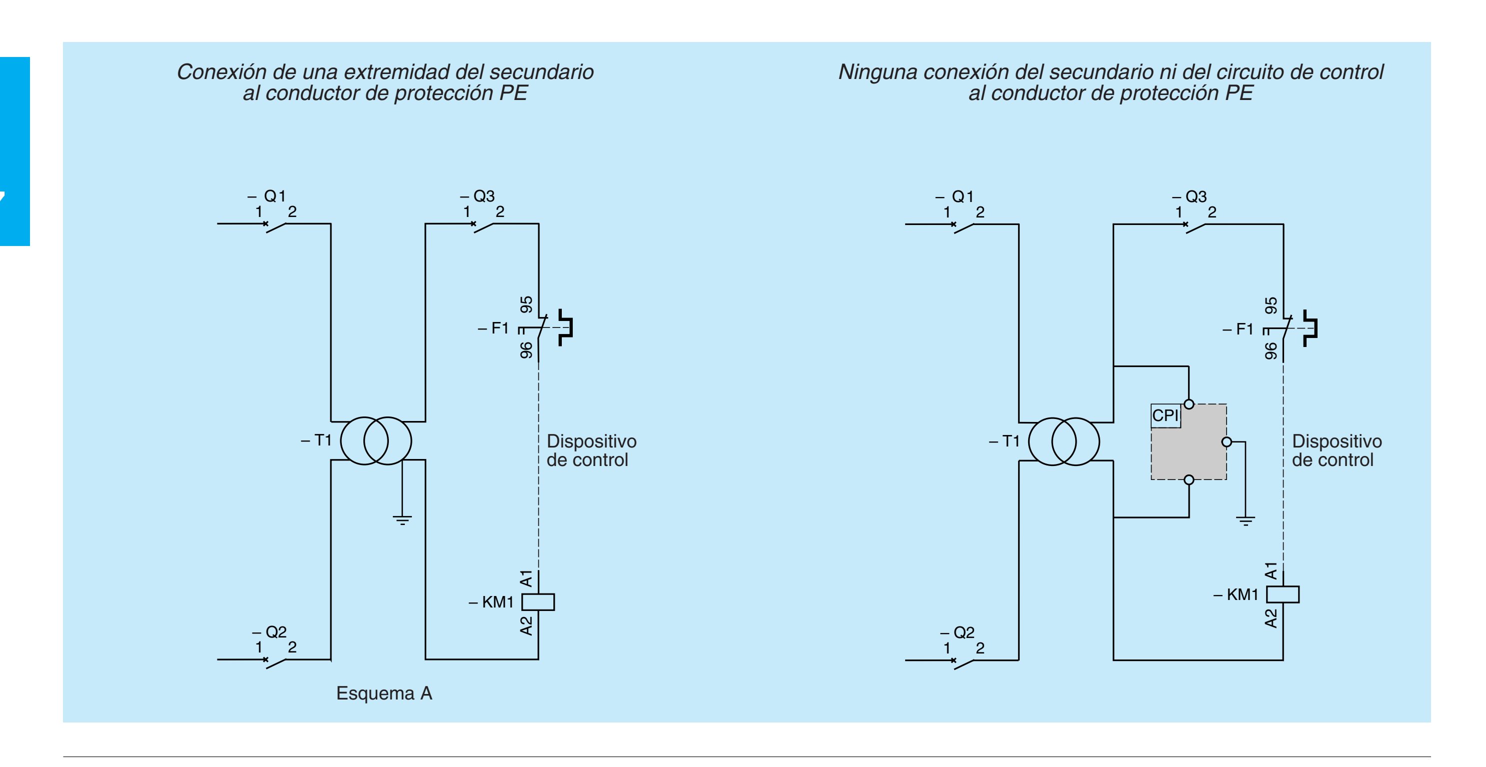
Alimentación del circuito de control mediante transformador

Responde a distintos objetivos:
– disponer de una tensión de control más baja cuando la tensión del circuito de potencia es elevada (400 V, 500 V, etc.), ya que algunos aparatos auxiliares tienen una tensión nominal inferior, por ejemplo 110 V,
– separar del circuito de potencia un circuito de control cuya amplitud y/o entorno causan frecuentes pérdidas de aislamiento,
– realizar un circuito de control sin perturbaciones o sin corte al menor defecto,
– proteger a las personas gracias a la “separación de circuitos”, eventualmente en “tensión de seguridad muy baja” (TBTS), cuando hay riesgo de rotura del conductor de protección (PE) y/o se trata de aparatos móviles, especialmente de las cajas de pulsadores colgantes,
– responder a determinados usos o normas: uniformización de tensiones auxiliares o utilización obligatoria de un transformador, por ejemplo en equipos para máquinas herramientas complejas.

Nota

Si el circuito secundario del transformador que alimenta las bobinas de los contactores es largo y/o incluye numerosos contactos en serie, por prudencia conviene limitar las caídas de tensión utilizando una tensión de control por lo menos igual a 110 V.
La potencia mínima del transformador de alimentación se determinará sumando la potencia consumida al mantenimiento por todos los contactores susceptibles de cerrarse al mismo tiempo y la potencia absorbida a la llamada por el contactor de mayor tamaño.
No olvidar los aparatos auxiliares, como pilotos de señalización, electroválvulas, etc.

Para la determinación del calibre y del tipo de protección primaria (protección contra cortocircuitos) deberá tenerse en cuenta la corriente magnetizante del transformador.
Por ejemplo, en una protección mediante disyuntor de control, el calibre será igual a la corriente primaria multiplicada por la corriente magnetizante (≤20In) y dividida por la corriente de disparo magnético (aprox. 13In).
En una protección mediante fusibles, se recomienda utilizar el tipo aM (calibrado a la corriente nominal primaria), ya que los fusibles soportan la corriente magnetizante del transformador.
La protección del secundario contra sobrecargas corre a cargo de un disyuntor de control o de un fusible tipo gG (calibrado a la corriente nominal secundaria).



Alimentación del circuito de control mediante transformador

Esquemas y protección del circuito de control

En el primario, la protección se determina según los principios referidos al circuito sin transformador, derivado o con alimentación auxiliar.

Conexión de una extremidad del secundario al conductor de protección PE

La polaridad del circuito de control conectada a esa misma extremidad, que tiene las propiedades del neutro en el esquema TT, el común de las bobinas.
Unicamente está protegido el conductor conectado a la otra extremidad.

Ninguna conexión del secundario ni del circuito de control al conductor de protección PE

El circuito de control está en el esquema IT. Por esta razón, la aparición de un primer defecto debe ser detectada por un relé de vigilancia permanente de aislamiento CPI, a no ser que el circuito permanezca en el interior de un equipo de dimensiones reducidas. En todos los casos será suficiente una protección únicamente en el conductor opuesto al común de las bobinas.

Circuito separado

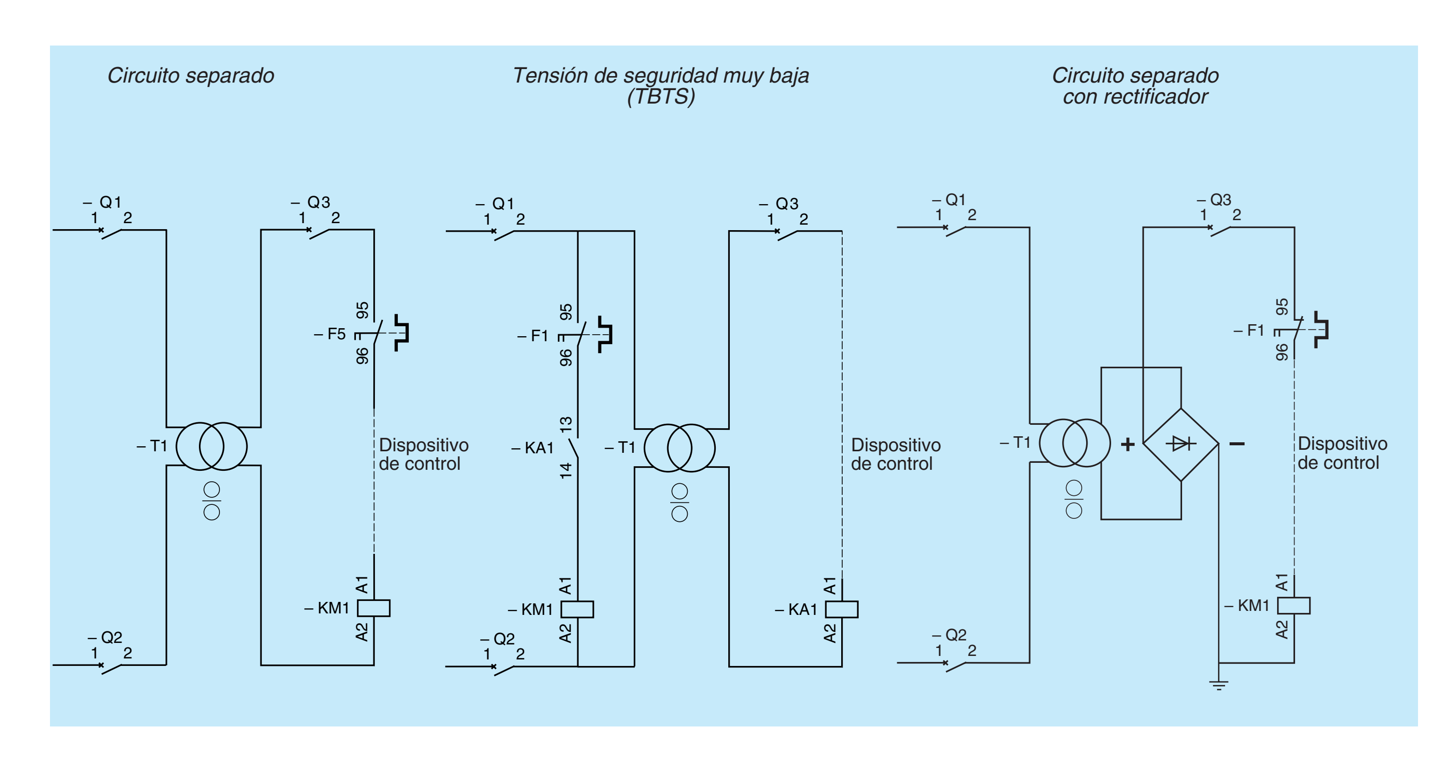
Debe utilizarse un transformador especial “de separación” con aislamiento reforzado entre primario y secundario.
Ningún punto del circuito de control ni del enrollamiento secundario deberá estar conectado a tierra o a un conductor de protección.
El propio circuito estará dotado de aislamiento reforzado y las masas de los aparatos conectados al mismo deberán, a su vez, estar conectadas entre sí, pero no a un conductor de protección o a tierra (véase NF C 15-100, apartado 413-5).
Es el modo específico de protección de las personas contra contactos indirectos cuando existe un aparato móvil (por ejemplo: caja de pulsadores colgante).

Tensión de seguridad muy baja (TBTS)

Además de las condiciones y ventajas de la separación, la utilización de una TBTS protege a las personas del riesgo de contactos directos o indirectos. Es obligatoria en aquellos medios en los que el aislamiento del circuito o de los aparatos puede sufrir una degradación (ej. química), o también cuando los conductores activos del circuito permanecen al alcance de un operador (véase NF C 15-100 apartado 411-1).
En función de la naturaleza y de la conductibilidad del lugar de utilización, la tensión será de 48 V o 24 V, o incluso de 12 V (NF C 15-100, apartado 481).
La conservación de las propiedades de esta medida, al igual que de la anterior, requiere que se aplique únicamente a un circuito de extensión reducida y que, por lo tanto, sólo esté conectado a uno o a pocos aparatos. Esta condición y el riesgo de caída de tensión en un circuito también dotado de TBTS hacen que sea necesario limitar la corriente y, por lo tanto, la potencia. Así pues, se utilizará un relé intermediario cuando la corriente de llamada de un contactor pase de unos pocos amperios.

Circuito separado con rectificador

En este caso, la conexión del común de las bobinas al conductor de protección confiere al circuito rectificado las propiedades del esquema A (véase página anterior). Pero aunque los dos esquemas se utilicen en un mismo equipo, cada uno necesitará su propio transformador.



Alimentación del circuito de control en corriente continua o rectificada

Corriente continua sin reducción de consumo

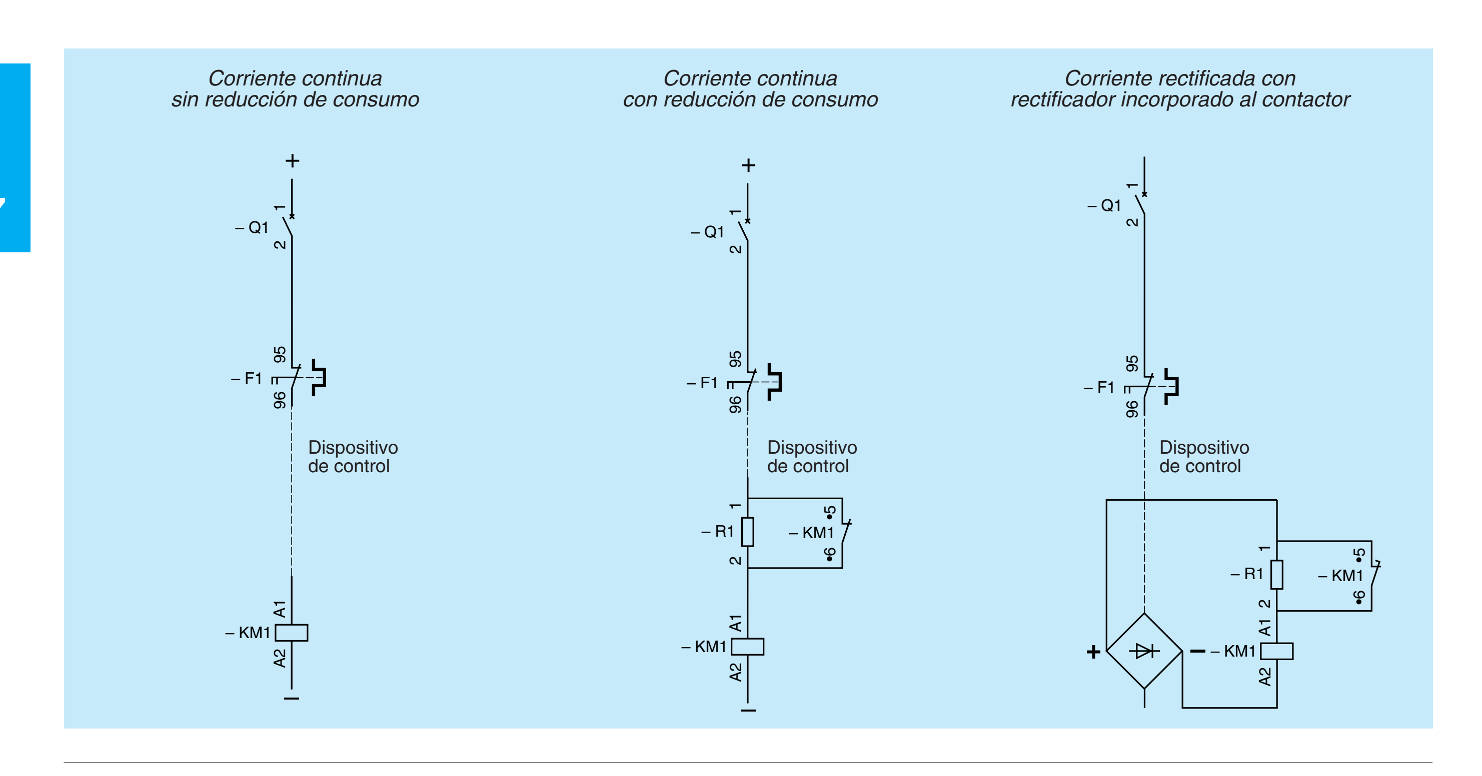
El circuito magnético se ha diseñado especialmente para facilitar su refrigeración, y la bobina se ha calculado para soportar la tensión de la red de forma permanente. Por lo tanto, no se reduce el consumo.
El contactor sin reducción de consumo es especialmente resistente cuando se utiliza en corriente continua y deberá emplearse cuando la cadencia de funcionamiento sea elevada y deba efectuarse un número importante de maniobras.

Corriente continua con reducción de consumo

En cuanto se cierra el contactor, una resistencia incorporada al circuito de la bobina, limita su consumo.
La apertura del contacto (.5-.6) encargado de la reducción debe efectuarse al final del cierre del contactor, a mitad de carrera de aplastamiento de los polos.
Un contactor equipado con el dispositivo de reducción de consumo no debe efectuar más de 120 ciclos de maniobras por hora.

Corriente rectificada con rectificador incorporado al contactor

Este dispositivo se utiliza en contactores de todos los tamaños, para conseguir un funcionamiento silencioso y también para alimentar contactores de gran tamaño, en los que permite:
– aumentar considerablemente la presión en los polos,
– mantener cerrado el contactor, incluso cuando la red de alimentación está afectada por fuertes caídas de tensión,
– retrasar ligeramente la apertura del contactor en caso de desaparición muy fugitiva de la tensión de alimentación.
Tanto el rectificador como la bobina y la resistencia que reduce el consumo al mantenimiento deben definirse en función de la tensión de la red y del tamaño del contactor.
Además, el rectificador debe ser capaz de soportar la tensión de la red y la corriente de llamada del contactor.



Señalización luminosa

Piloto “bajo tensión”

Un piloto luminoso indica la puesta bajo tensión de la instalación, que generalmente se efectúa a través de un seccionador portafusibles situado en cabeza de la instalación.

Funcionamiento

Cierre manual del seccionador Q1.
Alimentación del piloto por Q1 (13-14).

Material necesario:

1 elemento de señalización:
– para montar: tipo XB2-B, XA2-B
– o montado:
en caja de pulsadores, tipo XAL-
en baliza luminosa, tipo XVA-
1 disyuntor de control, tipo GB2.

Piloto “marcha”

El piloto indica el cierre de un contactor.

Funcionamiento

Cierre de KM1.
Alimentación del piloto por KM1 (53-54).

Material necesario:

1 contacto NA en KM1
1 elemento de señalización:
– para montar: tipo XB2-B, XA2-B
– o montado:
en caja de pulsadores, tipo XAL-
en baliza luminosa, tipo XVA-
1 disyuntor de control, tipo GB2.

Piloto “parada”

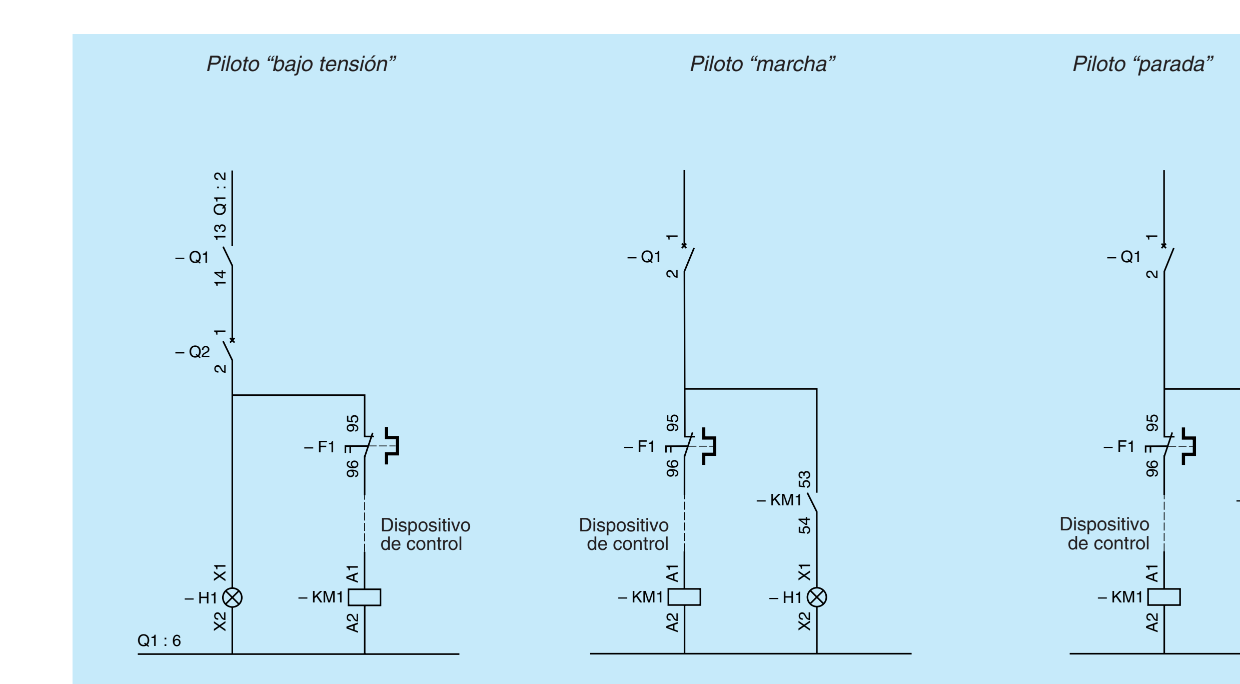
En este caso, lo que se indica es la apertura del contactor.

Funcionamiento

Piloto bajo tensión.
Cierre de KM1.
Extinción del piloto por KM1 (61-62).

Material necesario:

1 contacto NC en KM1,
1 elemento de señalización:
– para montar: tipo XB2-B, XA2-B
– o montado:
en caja de pulsadores, tipo XAL-
en baliza luminosa, tipo XVA-
1 disyuntor de control, tipo GB2.



Señalización luminosa

Piloto conectado a las bornas del receptor

El piloto de señalización está directamente conectado a las bornas del receptor cuya puesta bajo tensión se encarga de señalar. Dicho dispositivo permite ahorrar un contacto, pero si el receptor es inductivo, la sobretensión que se produce en el momento del corte puede estropear la lámpara. Un inconveniente que puede evitarse utilizando un piloto equipado con un transformador o una lámpara de neón.

Funcionamiento

Puesta bajo tensión simultánea del receptor y del piloto de señalización.

Material necesario:

1 elemento de señalización:
– para montar: tipo XB2-B, XA2-B
– o montado:
en caja de pulsadores, tipo XAL-
en baliza luminosa, tipo XVA-
1 disyuntor de control, tipo GB2.

Piloto “defecto”

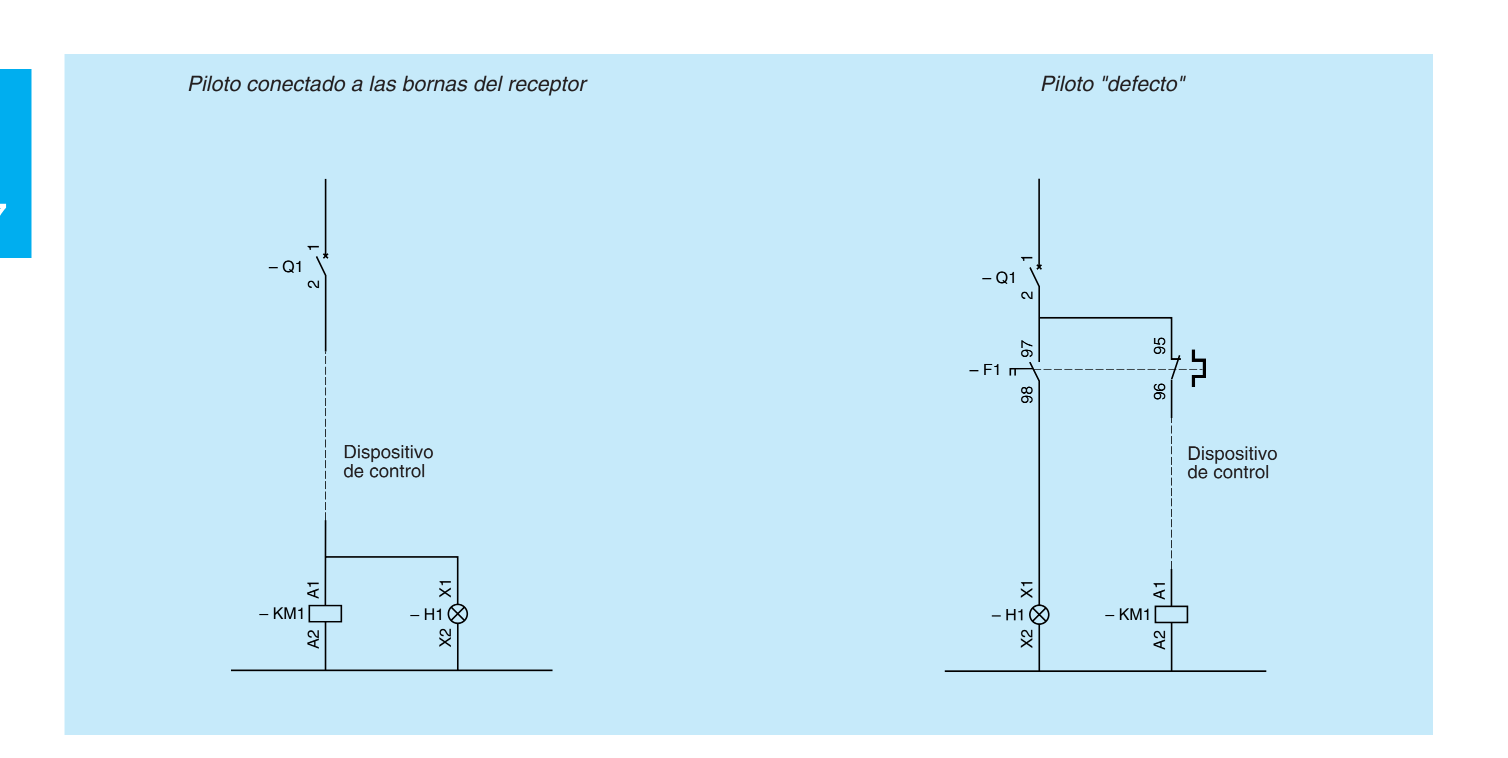
Lo que este piloto indica es el disparo del relé encargado de la protección del receptor. El contacto que controla el piloto va incorporado, bien de fábrica o bien por haber sido acoplado posteriormente al relé de protección.

Funcionamiento

KM1 cerrado.
Sobrecarga o sobreintensidad importante: disparo de F2.
Apertura de KM1 por F2 (95-96).
Alimentación del piloto por F2 (97-98).

Material necesario:

1 contacto NA en F1 (de fábrica, en relé de protección térmica, tipo LR2-)
1 elemento de señalización:
– para montar: tipo XB2-B, XA2-B
– o montado:
en caja de pulsadores, tipo XAL-
en baliza luminosa, tipo XVA-
1 disyuntor de control, tipo GB2.



Señalización acústica, luminosa y acústica

Avisador acústico con “enterado”

El contacto de defecto activa un avisador acústico que permanecerá bajo tensión mientras no se presione el pulsador “enterado”. El mismo esquema puede utilizarse para realizar una instalación de llamada centralizada con varios puestos, pero en ese caso se sustituirá el contacto “defecto” por uno o varios pulsadores de “llamada”.

Funcionamiento

Cierre del contacto de defecto (13-14).
Puesta bajo tensión del avisador sonoro H1.
Impulso en pulsador Sn acuse de recibo.
Cierre de KA1 por Sn (13-14).
Desconexión del avisador sonoro por KA1 (21-22).
Automantenimiento de KA1 (13-14).
Apertura de KA1 por contacto de defecto una vez solucionado el incidente.

Material necesario:
H1: 1 avisador acústico.
KA1: 1 contactor auxiliar, tipo CA2-D o CA2-K,
1 contacto de defecto (dispositivo de protección, relé de automatismo o pulsador de llamada).
Sn: 1 pulsador de acuse de recibo, tipo XB2-B, XA2-B,
1 disyuntor de control, tipo GB2.

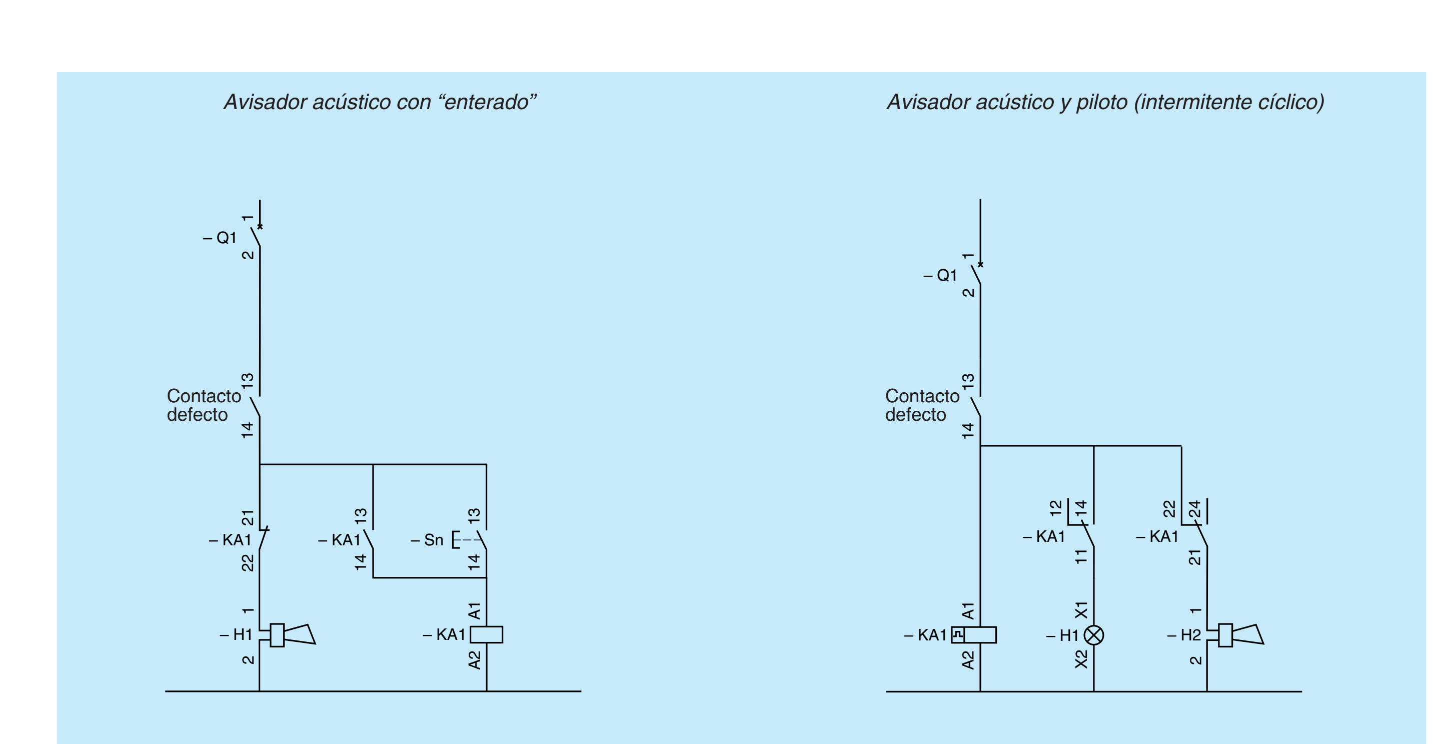
Avisador acústico y piloto (intermitente cíclico)

Este esquema sirve para “marcar el ritmo” de una señal luminosa, inicialmente disparada por un dispositivo de señalización, de alarma o de defecto.

Funcionamiento

Cierre del contacto de defecto (13-14).
Puesta bajo tensión del avisador sonoro H2.
Cierre de KA1.
Desconexión del avisador sonoro (21-22).
Alimentación de la lámpara H1 (11-14).
Apertura de KA1.
Puesta bajo tensión del avisador sonoro H2 (21-22).
Extinción de la lámpara H1.
Después de un tiempo regulable de 0,25 a 2,5 segundos, el ciclo vuelve a empezar, hasta que se haya solucionado el defecto (apertura del contacto 13-14).

Material necesario:
KA1: 1 relé intermitente, tipo RE4.
H1: 1 elemento de señalización, tipo XB2-B o XVL-.
H2: 1 avisador acústico,
1 disyuntor de control, tipo GB2.



Avisador acústico con “enterado”

Avisador acústico y piloto (intermitente cíclico)

Protección térmica

Mediante relé de protección térmica con elementos bimetálicos

Protección contra sobrecargas débiles y prolongadas. Los relés de protección térmica suelen ser tripolares.

Conexión del circuito de potencia

- En alterna trifásica:

Incorporar un elemento de protección térmica en cada fase.

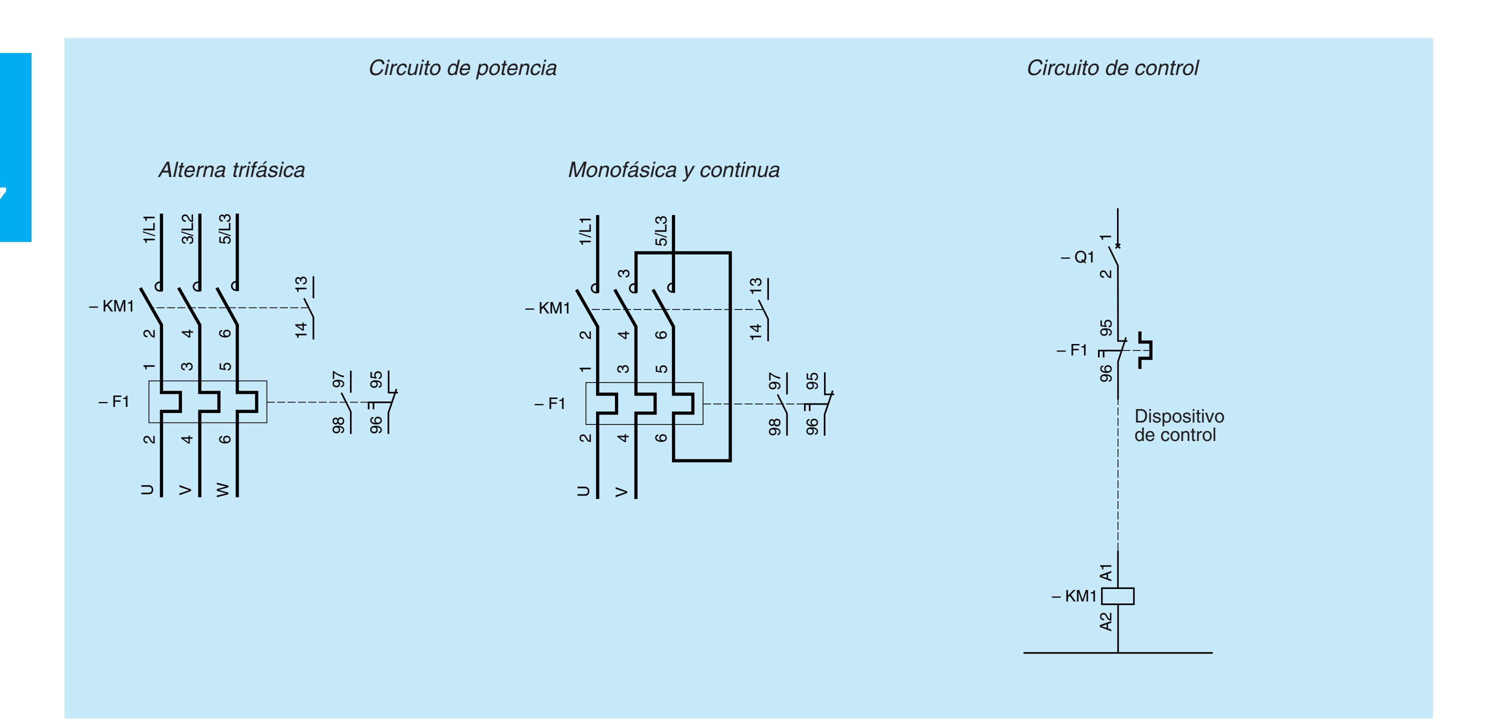
- En monofásica y continua:

Si el relé es sensible a pérdidas de fase, incorporar un elemento térmico en uno de los hilos de alimentación y dos elementos en serie en el otro.

Funcionamiento del circuito de control

KM1 cerrado.
Sobrecarga: disparo de F1.
Apertura de KM1 por F2 (95-96).
Rearme al presionar el pulsador de F1.

Material necesario:
Q1: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé térmico sensible a pérdidas de fase, tipo LR2-.



Protección térmica

Rearme de un relé con elementos bimetálicos

La elección del rearme Manual o Auto (selección por pulsador giratorio en el frontal del relé LR2, por ejemplo) permite tres procedimientos de rearranque:

Rearme Auto, esquema 2 hilos

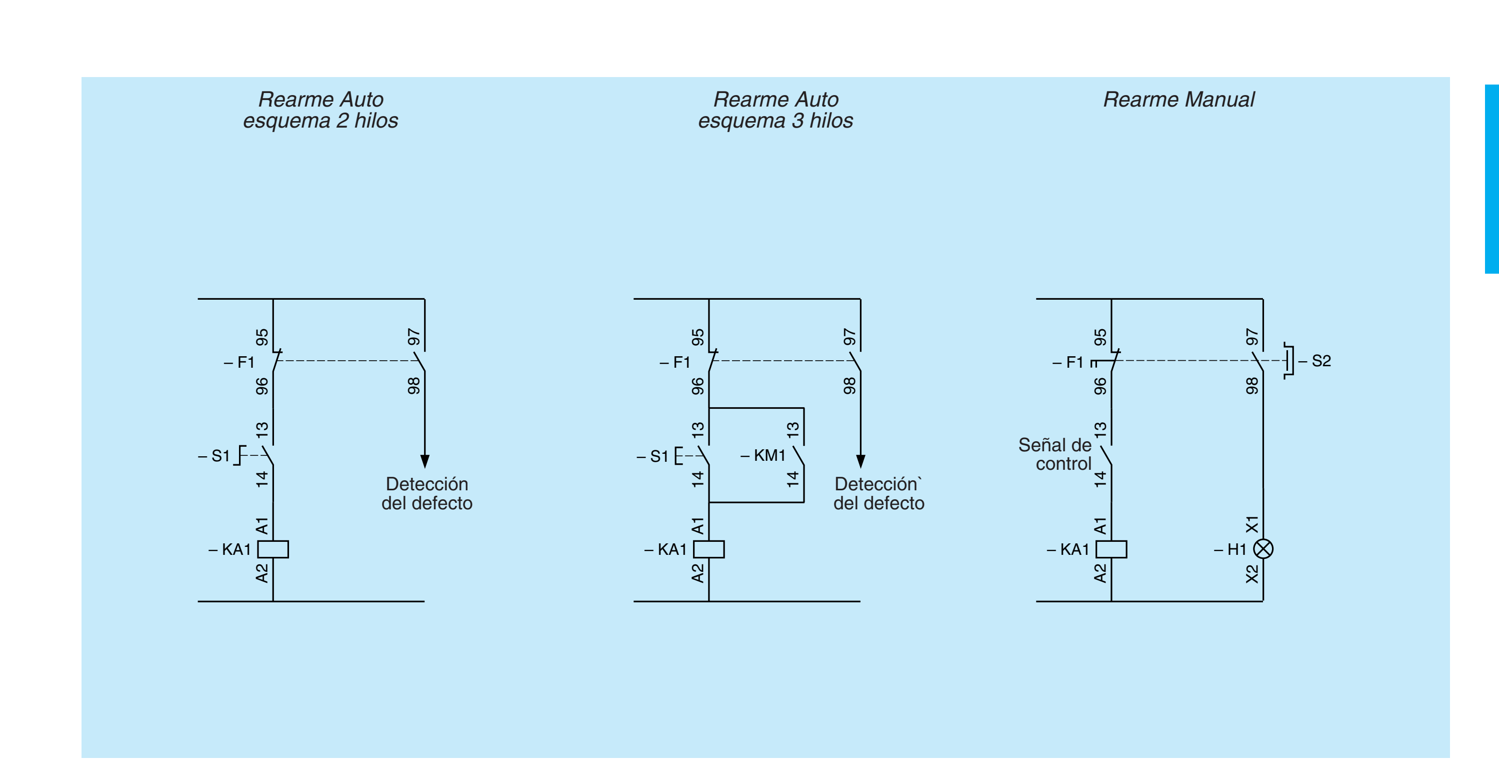
En máquinas sencillas que funcionan sin vigilancia y que no se consideran peligrosas (bombas, climatizadores...), el rearranque se produce sin intervención manual, una vez refrigerados los elementos bimetálicos.

Rearme Auto, esquema 3 hilos

Si los automatismos son complejos, el rearranque debe llevarlo a cabo un operador, por razones técnicas y de seguridad.
Este tipo de esquema también se recomienda cuando resulta difícil acceder al equipo (por ejemplo, equipo montado).

Rearme manual

Las normas de seguridad exigen que intervenga personal cualificado para rearmar el relé en local y volver a poner la máquina en marcha.



Protección térmica

Por sondas con termistancias PTC

Tres sondas con coeficiente de temperatura positivo PTC van incorporadas a los arrollamientos del motor. Dichas sondas se calientan al mismo tiempo que los arrollamientos del motor. A la temperatura nominal de funcionamiento (TNF), su resistencia óhmica aumenta brutalmente.
El contacto del relé de salida, incorporado al dispositivo de protección F1, se abre y provoca la apertura del contactor KM1 que controla el motor.

Funcionamiento del circuito de control

Contacto (13-14) de F1 cerrado.
KM1 cerrado.
Calentamiento anormal del motor.
Aumento de la resistencia de las sondas PTC.
Apertura del contacto (13-14) de F3.
Apertura de KM1 por F1 (13-14).
Rearme manual, una vez refrigerado el motor.
En el caso de un relé de rearme automático, el contacto está localizado 11-14.

Material necesario:
Q1: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé, tipo LT2-S.

Mediante relé térmico temporizador

Un relé térmico F2, montado en el circuito de control y cuyo elemento bimetálico se pone bajo tensión durante todo el tiempo que dura el arranque, protege las resistencias o el autotransformador contra arranques incompletos o demasiado frecuentes.

Funcionamiento del circuito de control

Cierre de KM1.
Puesta bajo tensión de F2 por KM1 (53-54).
Cierre de los contactores intermediarios que aseguran el arranque (caso de un autotransformador), o el cortocircuitado de las resistencias.
Cierre de KMn, último contactor de arranque (autotransformador) o último cortocircuitador.
Desconexión de F3 por KMn (21-22).

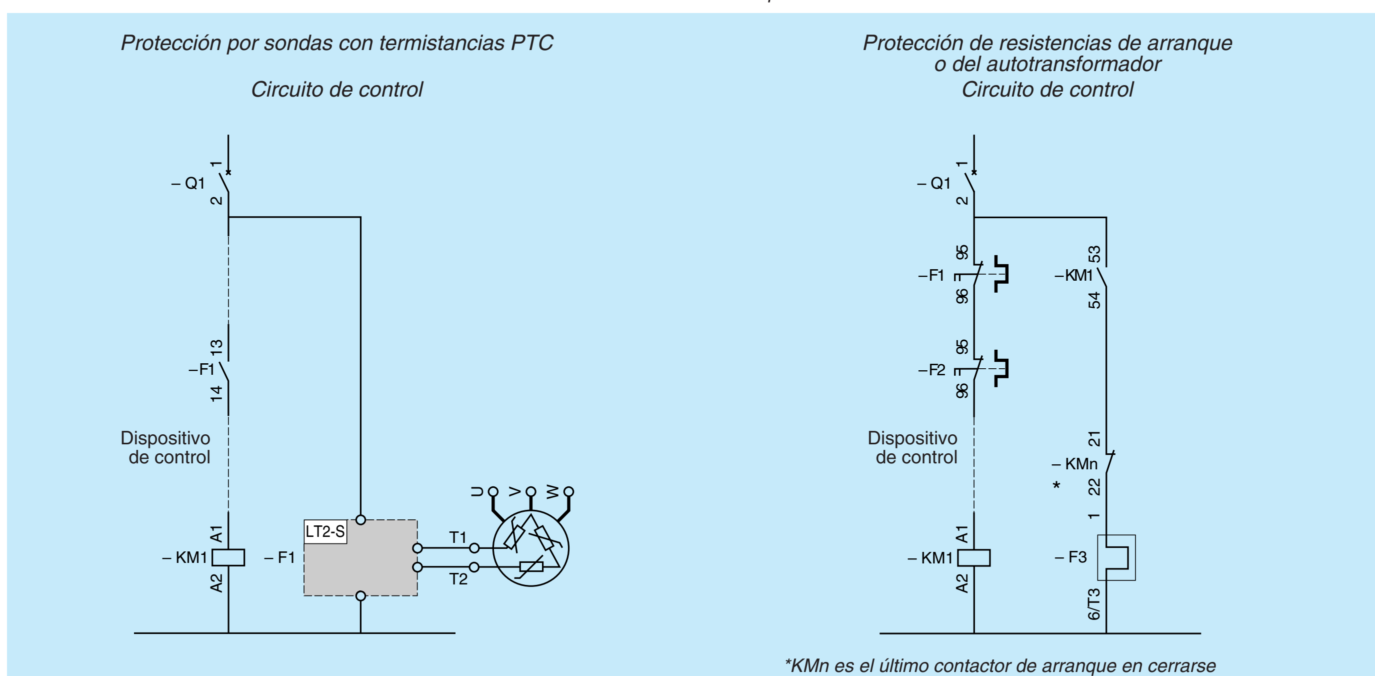
- Si el arranque es incompleto:

No se cierra KMn.
F3 permanece bajo tensión mediante KM1 (53-54) y KMn (21-22).
Pasados unos 30 segundos, disparo de F2.
Apertura de KM1 por (95-96) de F2.
Rearme presionando el pulsador de F2, una vez refrigerado el elemento bimetálico del relé térmico.

- Si los arranques son demasiado frecuentes o demasiado largos:

Durante una serie de arranques, disparo de F2.
KM1 cerrado (53-54) y KMn abierto por intermitencia (21-22).
Apertura de KM1 por F2 (95-96).
Rearme como anteriormente.

Material necesario:
KMn: 1 contactor 3P + NC, tipo LC1-.
Q1: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F2: 1 relé de protección térmica temporizador, tipo LT2-TK, regulado para 2 a 3 arranques consecutivos.



Protección por sondas con termistancias PTC
Circuito de control

Protección de resistencias de arranque o del autotransformador
Circuito de control

**KMn es el último contactor de arranque en cerrarse*

Protección contra funcionamiento monofásico

Mediante cortacircuito de fusibles con percutor

Protección de un motor contra funcionamiento monofásico, tras la fusión de un cortacircuito de fusible con percutor situado a la entrada del motor.
Tiempo de respuesta inferior al de un relé térmico equipado con un dispositivo sensible a pérdidas de fase.

Conexión del circuito de potencia

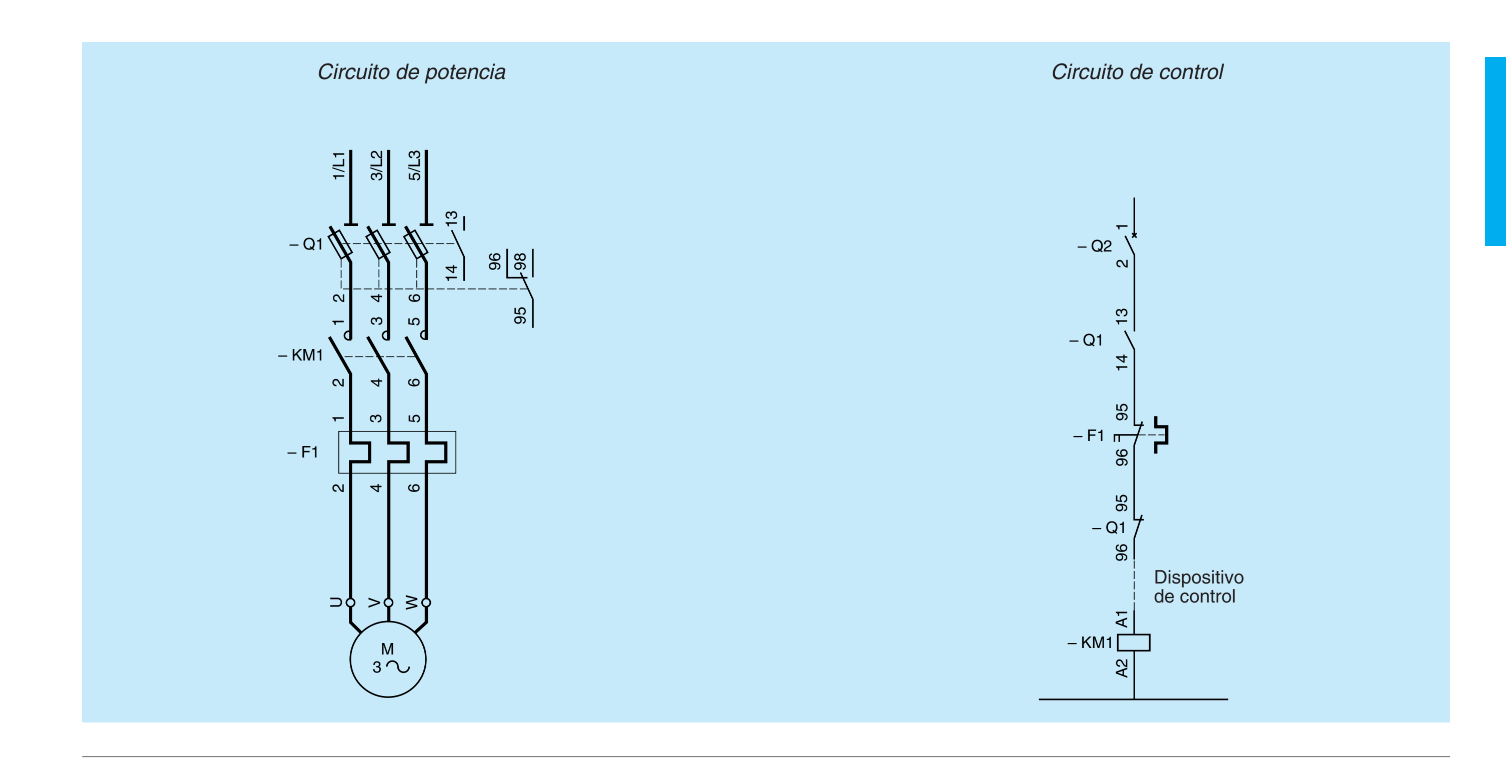
Incorporar en cada fase un polo de seccionador portafusibles y un elemento de protección térmica.

Funcionamiento del circuito de control

KM1 cerrado.
Fusión de un cortacircuito de fusible equipado con un percutor.
Dispositivo de control activado por un percutor.
Apertura del contacto (95-96) de Q1 .
Apertura de KM1.

Material necesario:

Q1: 1 seccionador portafusibles dotado de un dispositivo de protección contra funcionamiento monofásico, tipo GK1- o GS1- y 3 cartuchos de fusibles con percutor.
F1: 1 relé tripolar de protección térmica, tipo LR2-.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.



Protección electromagnética

Mediante relé de máxima corriente

Protección de las instalaciones sometidas a puntas de corriente importantes y frecuentes.

Conexión del circuito de potencia

Incorporar un relé electromagnético en cada fase o hilo de alimentación.

Funcionamiento del circuito de control

- Esquema A:

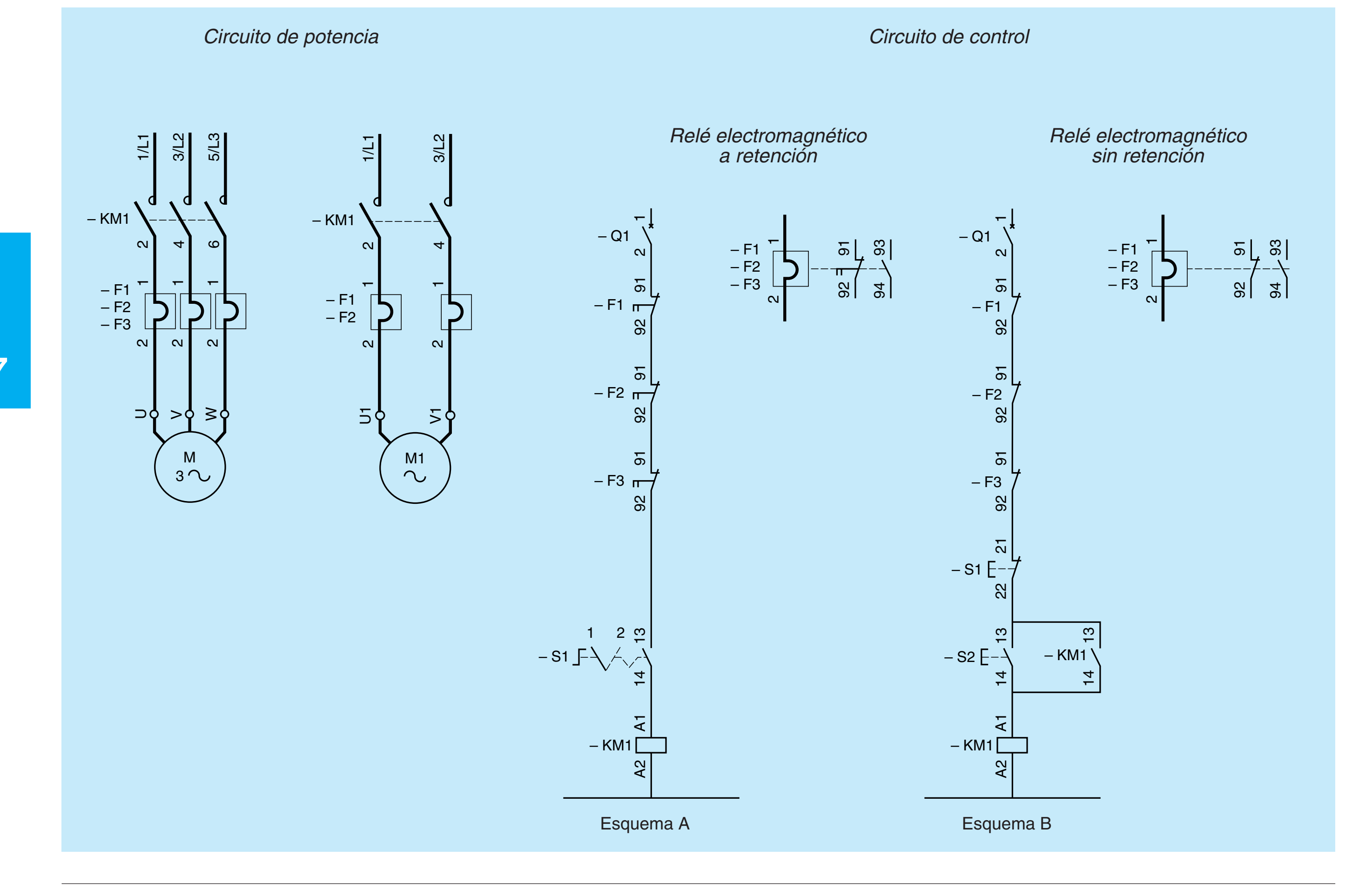
Control 2 hilos (sin automantenimiento).
KM1 cerrado.
Punta de corriente importante.
Disparo de F1, F2 o F3.
Apertura de KM1 por F1, F2 o F3 (91-92).
Rearme al activar el pulsador de rearme del o de los relés que se han disparado.
Si el interruptor S1 está cerrado, KM1 se cierra inmediatamente.

Material necesario:
Q1: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1-Fn: relés electromagnéticos RM1-XA con retención.

- Esquema B:

Control 3 hilos (con automantenimiento).
KM1 cerrado.
Punta de corriente importante.
Disparo de F1, F2 o F3.
Apertura de KM1 por F1, F2 o F3 (91-92).
Restablecimiento instantáneo del contacto (91-92) del o de los relés que se han disparado.
Cierre de KM1 tras pulsar el pulsador de marcha S2.

Material necesario:
Q1: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1-Fn: relés electromagnéticos RM1-XA estándar (sin retención).



Protección electromagnética

Mediante relé de máxima corriente “limitador de esfuerzo”

Un relé de máxima corriente, acoplado a una de las fases del motor, controla la corriente absorbida por éste. Como la corriente aumenta con la carga, bastará con regular el relé para que el motor se pare cuando la corriente que absorbe alcance un valor previamente determinado.

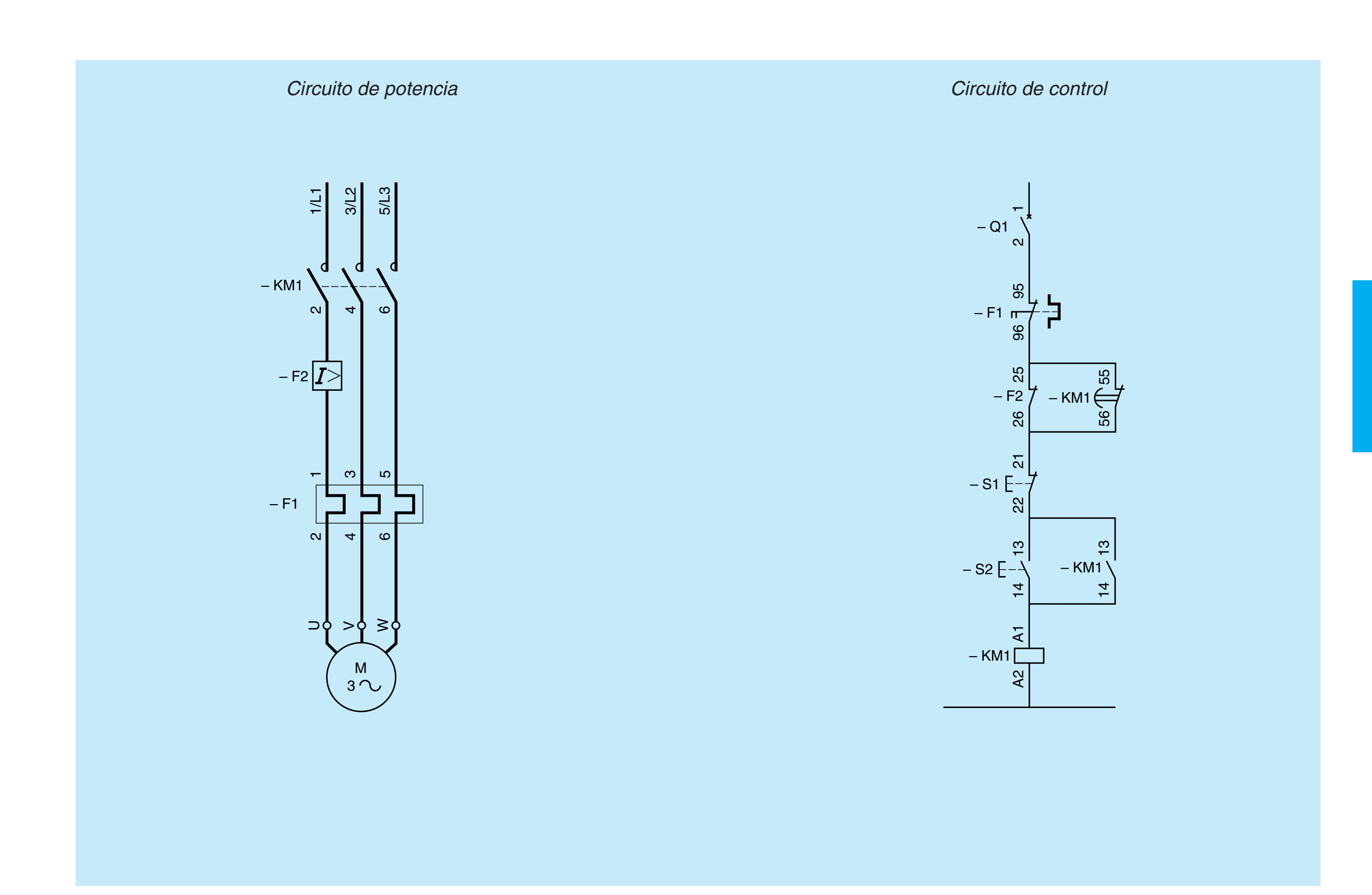
Características

Como la corriente que absorbe el motor durante el arranque provoca la activación del relé, el contacto (25-26) de éste último debe permanecer puenteado por el contacto temporizado a la acción (55-56) hasta que finalice el arranque.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en pulsador S2.
Cierre de KM1.
Apertura de F2 (25-26), sin efecto ya que está puenteado por (55-56) de KM1.
Restablecimiento de F2 (25-26).
Apertura de (55-56) de KM1 sin efecto ya que está puenteado por (25-26) de F2.
Sobrecarga del motor.
Apertura de F2 (25-26).
Apertura de KM1 por (25-26) de F2.

Material necesario:
KM1: 1 contactor, tipo LC1-, + 1 bloque aditivo temporizado a la acción, tipo LA2-D.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor, tipo LR2-.
F2: 1 relé de máxima corriente, por encima de la corriente nominal absorbida por el motor y en función de la sobrecarga admisible, tipo RM1-XA.
Q1: 1 disyuntor de control, tipo GB2.



Arranque directo de un motor monofásico

Control local

La asociación de un contactor y un relé de protección térmica protege el motor contra sobrecargas.
La presencia de un interruptor permite el corte en carga (esquema A).
De acuerdo con las normas de instalación vigentes, todas las salidas deben ir protegidas contra cortocircuitos mediante cortacircuitos de fusibles, o un disyuntor, situados antes de dichas salidas.

Controles

- Activación:
– manual, mediante pulsador.
- Disparo:
– manual, mediante pulsador,
– automático, cuando actúa el relé de protección térmica o en caso de falta de tensión.
- Rearme:
– manual, tras un disparo por sobrecarga.
- Señalización del disparo, por un contacto auxiliar (97-98) incorporado al relé tripolar de protección térmica.

Protecciones garantizadas

Por un relé tripolar de protección térmica.
Enclavamiento de la apertura del cofre si el interruptor no está abierto (esquema A).

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual del interruptor Q1 (esquema A).
Cierre de KM1.

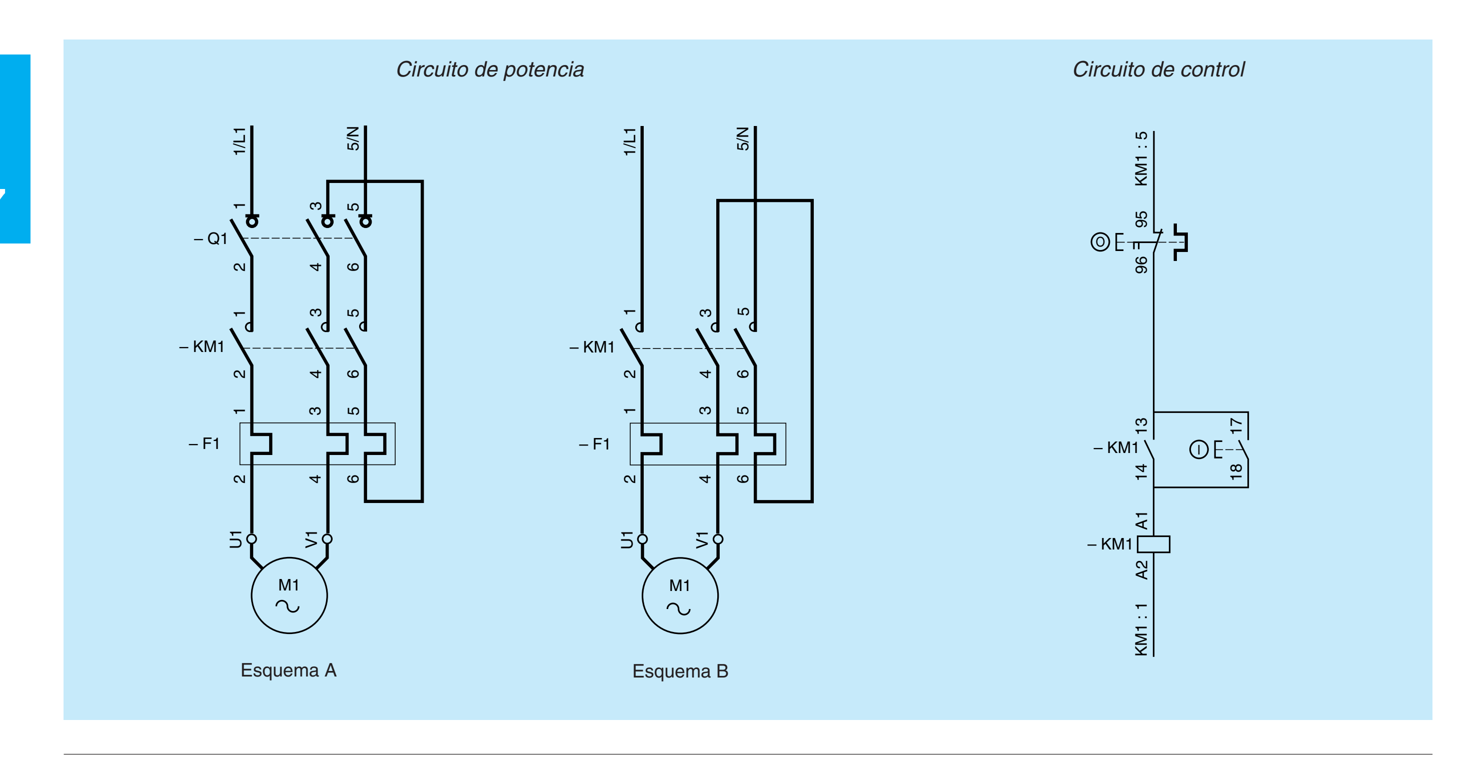
- Características
Q1: calibre In motor (esquema A).
KM1: calibre In motor en función de la categoría de uso.
F1: calibre In motor.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en I (17-18).
Cierre de KM1.
Automantenimiento de KM1 (13-14).
Parada mediante impulso en O, o por disparo del relé de protección térmica F1 (95-96).

Material necesario:
Q1: 1 interruptor-seccionador tripolar, tipo VC-, que enclava la puerta de la envolvente.
KM1: 1 contactor 3P + NA, calibre In motor en función de la categoría de uso, tipo LC1-.
F 1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor, tipo LR2- (cableado según esquema) o LR3-.
• Auxiliares de control:
– unidades de control y señalización tipo XB2-B, XA2-B.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Referencias de los equipos catalogados:
– arrancadores en cofres, tipo LG7-D.
El motor debe protegerse con un relé tripolar de protección térmica, que se encarga por separado y que debe cablearse de acuerdo con el siguiente esquema.



Arranque directo de un motor monofásico

Control local y a distancia

La asociación de un contactor y un relé de protección térmica protege el motor contra sobrecargas.
La presencia de un interruptor permite el corte en carga (esquema A).
De acuerdo con las normas de instalación vigentes, todas las salidas deben ir protegidas contra cortocircuitos mediante cortacircuitos de fusibles, o un disyuntor, situados antes de dichas salidas.
El aparato está equipado con un control local, pero como éste puede resultar inaccesible, dispone de un control complementario a distancia.

Controles

- Activación:
– manual, control local mediante pulsador,
– manual, a distancia mediante pulsador.
- Disparo:
– manual, control local mediante pulsador,
– manual, a distancia mediante pulsador,
– automático, cuando actúa el relé de protección térmica, o en caso de falta de tensión.
- Rearme:
– manual, tras un disparo por sobrecarga,
– posibilidad de rearme a distancia, si el correspondiente aditivo está montado en el relé de protección térmica.
- Señalización:
– del disparo, por un contacto auxiliar (97-98) incorporado al relé tripolar de protección térmica,
– en la activación, por un piloto incorporado al control a distancia.

Protecciones garantizadas

Por un relé tripolar de protección térmica.
Enclavamiento de la apertura del cofre si el interruptor no está abierto (esquema A).

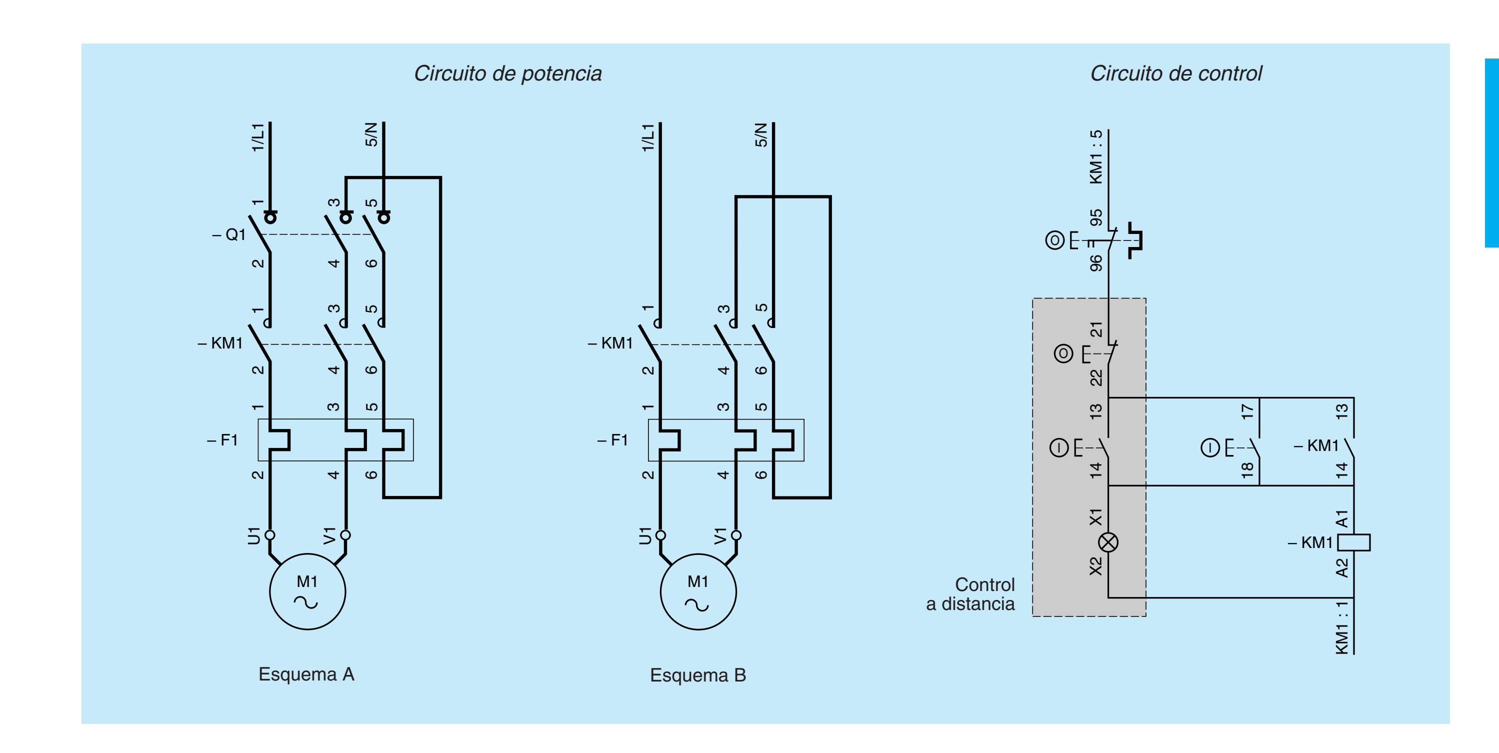
Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual del interruptor Q1 (esquema A).
Cierre de KM1.
- Características:
Q: calibre In motor (esquema A).
KM: calibre In motor en función de la categoría de uso.
F1: calibre In motor.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en I (17-18) o I (13-14).
Cierre de KM1.
Automantenimiento de KM1 (13-14).
Parada: impulso en O (21-22), o por disparo del relé de protección térmica F1 (95-96).

Material necesario:
Q1: 1 interruptor-seccionador tripolar, tipo VC-, que enclava la puerta de la envolvente.
KM1: 1 contactor 3P + NA, calibre In motor en función de la categoría de uso, tipo LC1-.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor, tipo LR2- (cableado según esquema) o LR3- .
• Auxiliares de control:
– unidades de control y de señalización, tipo XB2-B, XA2-B.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-, de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arranque directo de un motor trifásico, con interruptor

Control local

La asociación de un interruptor, un contactor y un relé de protección térmica permite el corte en carga y protege contra sobrecargas.

Controles

- Activación: manual, mediante pulsador.
- Disparo: manual, mediante pulsador; automático, cuando actúa el relé de protección térmica, o en caso de falta de tensión.
- Rearme: manual, tras un disparo por sobrecarga.
- Señalización del disparo: por un contacto auxiliar (97-98) incorporado al relé tripolar de protección térmica.

Protecciones garantizadas

Por un relé tripolar de protección térmica, contra sobrecargas débiles y prolongadas y corte de fase. Enclavamiento de la apertura del cofre si el interruptor no está abierto.

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual del interruptor Q1. Cierre de KM1.

- Características: Q1: calibre In motor.

KM1: calibre In motor en función de la categoría de uso.
F1: calibre In motor.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en I (17-18). Cierre de KM1.
Automantenimiento de KM1 (13-14). Parada mediante impulso en O o por disparo del relé de protección térmica F1 (95-96).

Material necesario:

Q1: 1 interruptor-seccionador tripolar, tipo VC-, que enclava la puerta de la envolvente.
KM1: 1 contactor 3P + NA, calibre In motor en función de la categoría de uso, tipo LC1-.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor, tipo LR2-.
• Auxiliares de control:
– unidades de control y de señalización, tipo XB2-B, XA2-B.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Referencias de los equipos catalogados:

– arrancadores en cofres, tipo LG1-.
El motor debe protegerse con un relé tripolar de protección térmica, que se encarga por separado.
Material adicional: 1 caja de pulsadores, tipo XAL-.

Control local y a distancia

El aparato está equipado con un control local, pero como éste puede resultar inaccesible, dispone de un control complementario a distancia.

Controles

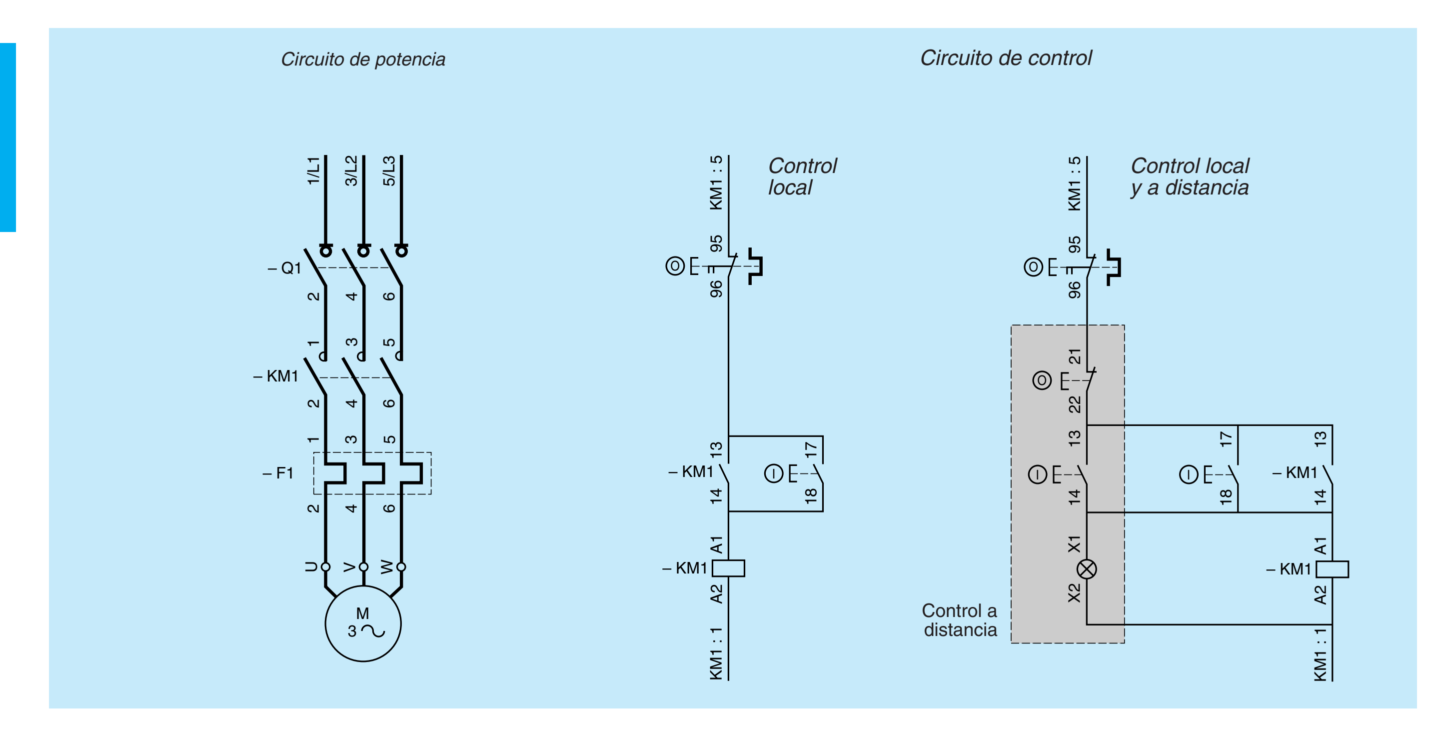
- Activación: manual, control local, mediante pulsador; manual, a distancia, mediante pulsador.
- Disparo: manual, control local mediante pulsador ; manual, a distancia, mediante pulsador; automático, cuando actúa el relé de protección térmica, o en caso de falta de tensión.
- Rearme: manual, tras un disparo por sobrecarga, posibilidad de rearme a distancia, si el correspondiente aditivo está montado en el relé de protección térmica.
- Señalización del disparo por un contacto auxiliar (97-98) incorporado al relé tripolar de protección térmica,en la activación, mediante piloto incorporado al control a distancia.

Protecciones garantizadas: ídem control local.

Funcionamiento del circuito de potencia: ídem control local.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en I (17-18) o I (13-14).
Cierre de KM1.
Automantenimiento de KM1 (13-14).
Parada: impulso en O (21-22) o por disparo del relé de protección térmica F1 (95-96).



Arranque directo de un motor trifásico con o sin seccionador portafusibles

Control local

La asociación de un seccionador portafusibles, un contactor y un relé de protección térmica protege contra cortocircuitos y sobrecargas.

Controles

- Activación: manual, mediante pulsador.
- Disparo: manual, mediante pulsador; automático, cuando actúa el relé de protección térmica, o en caso de falta de tensión o de fusión de un fusible (seccionador portafusibles dotado de un dispositivo contra funcionamiento monofásico).
- Rearme: manual, tras un disparo por sobrecarga.
- Señalización del disparo: por un contacto auxiliar (97-98) incorporado al relé tripolar de protección térmica.

Protecciones garantizadas

Por un seccionador portafusibles, contra cortocircuitos.
Por un relé tripolar de protección térmica contra sobrecargas débiles y prolongadas y corte de fase.

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual del seccionador Q1. Cierre de KM1.

- Características: Q1: calibre In motor; KM1: calibre In motor en función de la categoría de uso; F1: calibre In motor

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en I (17-18); Cierre de KM1
Automantenimiento de KM1 (13-14). Parada mediante impulso en O o por disparo del relé de protección térmica F1 (95-96).

Material necesario:

Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar o tetrapolar, calibre In motor, tipo LS1-, GK1-, DK1- y 3 o 4 cartuchos fusibles calibre In motor.
KM1 : 1 contactor 3P +NAo 4P , calibre In motor en función de la categoría de uso, tipo LC1-.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor, tipo LR2-.
• Auxiliares de control:
O-I : unidades de control, tipo XB2- B (facultativo), 1 caja de pulsadores, tipo XAL-
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-

Control local y a distancia

El aparato está equipado con un control local, pero como éste puede resultar inaccesible, dispone de un control complementario a distancia.

Controles

- Activación: manual, control local, mediante pulsador; manual, a distancia, mediante pulsador.
- Disparo: manual, control local, mediante pulsador; manual, a distancia, mediante pulsador; automático: ídem control local.
- Rearme: manual, tras un disparo por sobrecarga; posibilidad de rearme a distancia si el correspondiente aditivo está montado en el relé de protección térmica.
- Señalización del disparo: por un contacto auxiliar (97-98) incorporado al relé tripolar de protección térmica;en la activación, mediante piloto incorporado al control a distancia

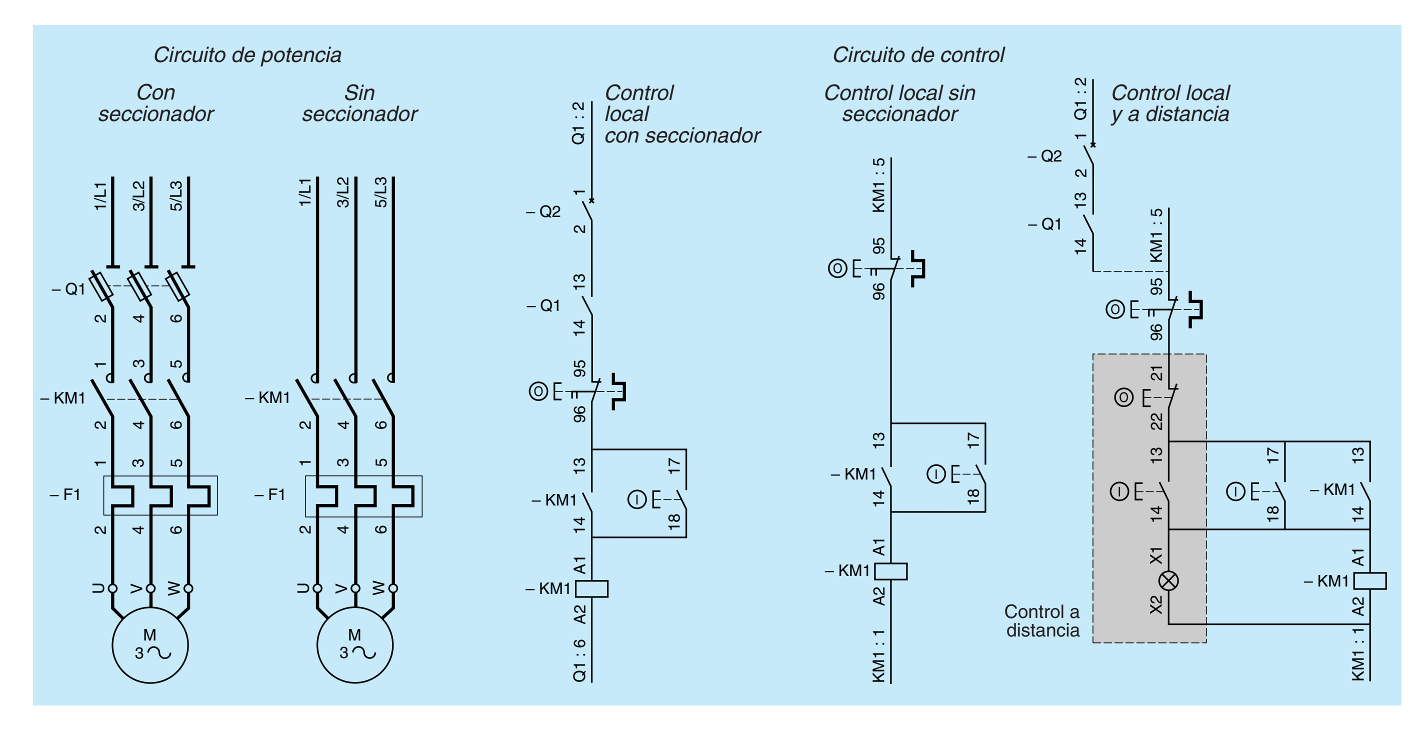
Protecciones garantizadas: ídem control local
Funcionamiento del circuito de potencia:ídem control local
Funcionamiento del circuito de control

Impulso en I (17-18) o I (13-14). Cierre de KM1.
Automantenimiento de KM1 (13-14). Parada mediante impulso en O (21-22) o por disparo del relé de protección térmica F1 (95-96).

– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Referencias de los equipos catalogados:

• Equipos en chasis:
– contactor con seccionador cableado potencia, sin relé de protección térmica, tipo LC4-.
• Equipos en cofres: – sin seccionador, sin relé de protección térmica: cofres protegidos o estancos, tipo LE1-
– con seccionador de control exterior o interior, sin relé de protección térmica: cofres estancos, tipo LE4-.
El motor debe protegerse con un relé tripolar de protección térmica, que se encarga por separado.
***Nota:** los equipos tipo LE1- y LE4-, también se encuentran disponibles en tetrapolar, para circuitos de distribución.*



Arranque directo de un motor trifásico mediante disyuntor-motor magnetotérmico

Control local

El aparato realiza el control manual local, protege contra cortocircuitos y sobrecargas.

Controles

- Activación:
– manual, mediante pulsador.
- Disparo:
– manual, mediante pulsador,
– automático, cuando actúa el relé de protección magnetotérmico.
- Rearme:
– manual, mediante pulsador.
- Señalización:
– acoplando un bloque de contactos instantáneos al disyuntor-motor.

Protecciones garantizadas

Por un disparador magnetotérmico tripolar, incorporado al aparato, contra cortocircuitos (elementos magnéticos), contra sobrecargas débiles y prolongadas (elementos térmicos).

Referencias de los aparatos catalogados:

– disyuntor-motor magnetotérmico, tipo GV2-M
– bloques de contactos auxiliares instantáneos, tipo GV2-
– cofres con conductor de protección saliente, de doble aislamiento, empotrable, tipo GV2-
– accesorios varios para aparatos y cofres.

Disparo a distancia

El aparato realiza el control manual local, protege contra cortocircuitos y sobrecargas.
Acoplando un dispositivo de disparo por mínima tensión o de emisión de tensión puede efectuarse el disparo a distancia.

Controles

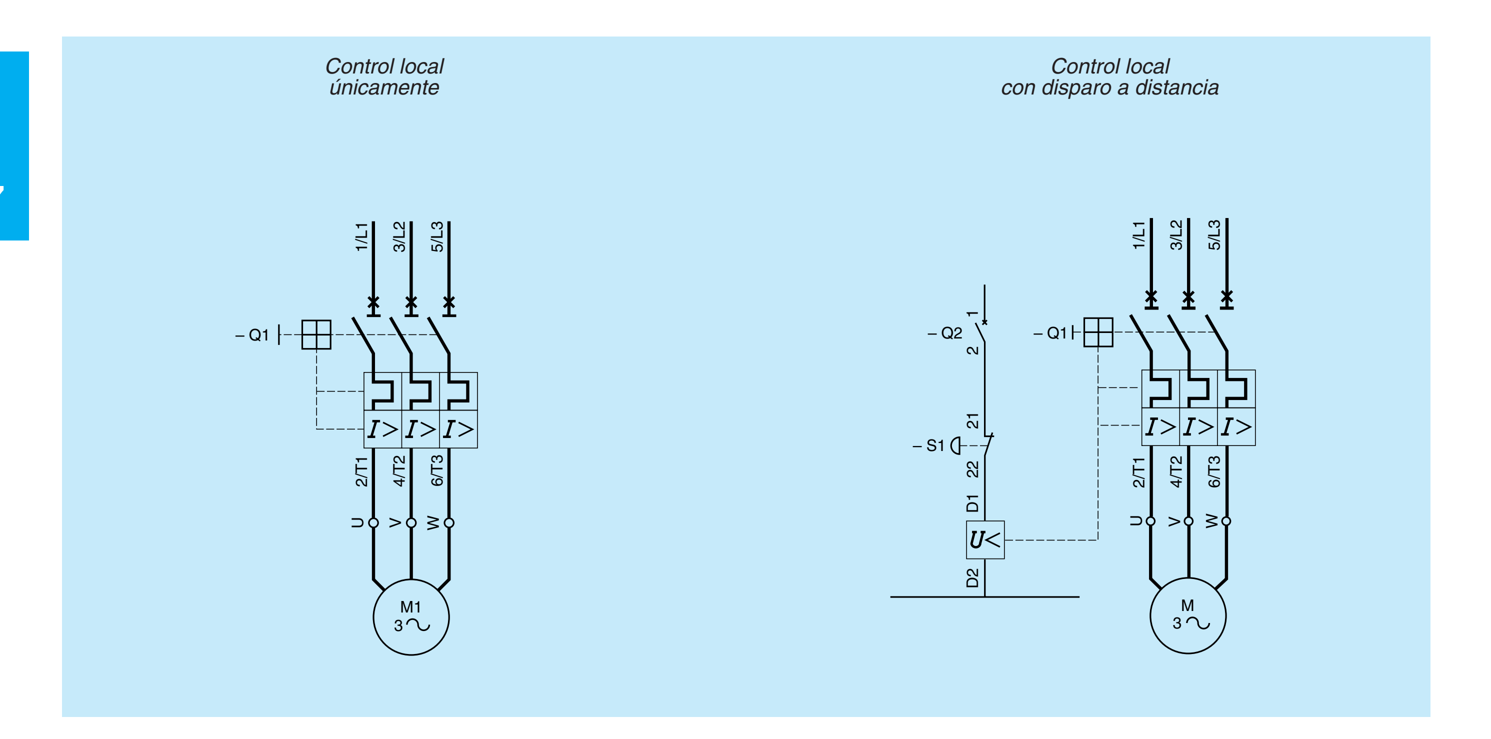
- Activación:
– manual, mediante pulsador.
- Disparo:
– manual, mediante pulsador,
– automático, cuando actúa el relé de protección magnetotérmico,
– manual o automático a distancia, por emisión o falta de tensión.
- Rearme: manual, mediante pulsador.
- Señalización: acoplando un bloque de contactos instantáneos al disyuntor-motor.

Protecciones garantizadas

Por un disparador magnetotérmico tripolar, incorporado al aparato, contra cortocircuitos (elementos magnéticos), contra sobrecargas débiles y prolongadas (elementos térmicos).

Referencias de los aparatos catalogados:

– disyuntor-motor magnetotérmico, tipo GV2-M
– disparadores (1 por disyuntor-motor):
de mínima tensión, tipo GV2-
de emisión de tensión, tipo GV2-:
– bloques de contactos auxiliares instantáneos, tipo GV2-
– cofres con conductor de protección saliente, de doble aislamiento, empotrable, tipo GV2-
– accesorios varios para aparatos y cofres.



Arranque directo de un motor trifásico mediante contactor-disyuntor

Control local y a distancia

El aparato realiza el control a distancia y manual local, protege contra cortocircuitos (poder de corte 50 kA por debajo de 415 V), contra sobrecargas débiles y prolongadas y cortes de fase.
El contactor-disyuntor integral existe con o sin seccionamiento y aislamiento-consignación por polos específicos.

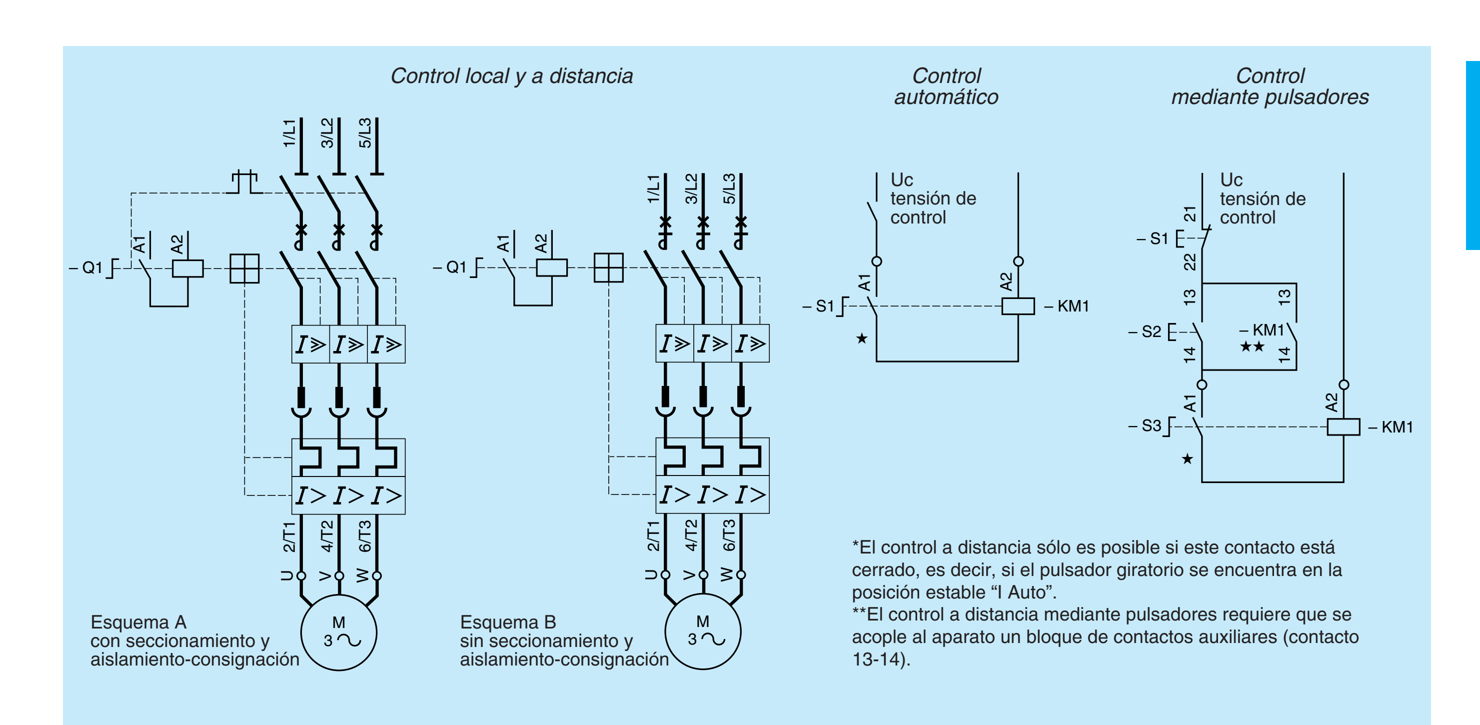
Controles

- Activación:
– manual, local mediante pulsador giratorio,
– manual, a distancia, mediante pulsador,
– automático a distancia.
- Disparo:
– manual, local, mediante pulsador giratorio,
– manual, a distancia, mediante pulsador,
– automático a distancia,
– automático, cuando actúa el relé de protección magnetotérmico o el dispositivo de corte rápido (percutor), o en caso de falta de tensión,
– por disparador de tensión mínima o de emisión de corriente cuando el correspondiente aditivo, que se suministra por separado, está montado en el aparato.
- Rearme:
– manual, mediante pulsador giratorio,
– posibilidad de rearme a distancia, si el correspondiente aditivo está montado en el aparato.
- Señalización:
– por acoplamiento de un bloque de contactos instantáneos.

Protecciones garantizadas:

- Por los polos limitadores:
– contra cortocircuitos.
- Por un módulo de protección magnetotérmico:
– contra sobreintensidades importantes,
– contra sobrecargas débiles y prolongadas y cortes de fase.

Referencias de los aparatos catalogados:
Contactores-disyuntores integrales 32 o 63:
– seccionamiento y aislamiento –consignación por polos específicos– (esquema A), tipo LD4-L
– función de seccionamiento por polos principales (esquema B), tipo LD1-L.
Deben asociarse obligatoriamente con un módulo de protección.
Módulos de protección:
– magnetotérmicos compensados y sensibles a pérdidas de fase, tipo LB1-LCM...
– magnetotérmicos insensibles a una pérdida de fase, tipo LB1-LCL...
– magnéticos únicamente, tipo LB6-L.
Disparadores:
– de emisión de corriente, tipo LA1-L.
– de tensión mínima con o sin temporización, tipo LA1-L.
Rearme a distancia, tipo LA1-L.
Bloques de contactos auxiliares instantáneos, tipo LA1-L.
Convertidores y módulos de interface para dirigir el aparato desde una salida de autómata, tipos LA1-LC y LA1-LD.
Distintos accesorios de los aparatos.



*El control a distancia sólo es posible si este contacto está cerrado, es decir, si el pulsador giratorio se encuentra en la posición estable “I Auto”.
**El control a distancia mediante pulsadores requiere que se acople al aparato un bloque de contactos auxiliares (contacto 13-14).

Arrancador-inversor directo

Control local

Funcionamiento del circuito de potencia
Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1 o KM2.
• Características:
Q1: calibre In motor.
KM1-KM2: calibre In motor en función de la categoría de uso.
F1: calibre In motor.
Enclavamiento mecánico y eléctrico entre KM1 y KM2.

Funcionamiento del circuito de control
Impulso en I o II.
Cierre de KM1 o KM2.
Automantenimiento de KM1 o KM2 (13-14).
Enclavamiento eléctrico de KM1 por KM2 o de KM2 por KM1 (61-62).
Parada manual mediante impulso en R.

Referencias de los equipos catalogados:
• Funciones pre ensambladas:
– 2 contactores cableados potencia con enclavamiento mecánico y eléctrico, sin seccionador portafusibles, tipo LC2-.
• Equipos en cofres:
Con o sin seccionador portafusibles (control interior o exterior).
Con pulsador Parada-Rearme.
Sin relé de protección térmica:
– en cofre protegido o estanco, tipo LE2-.
El motor debe protegerse con un relé tripolar de protección térmica que se encarga por separado.

Material necesario:
Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar (facultativo), calibre In motor, tipo LS1-, GK1-, GS1-; 3 cartuchos de fusibles, calibre In motor.

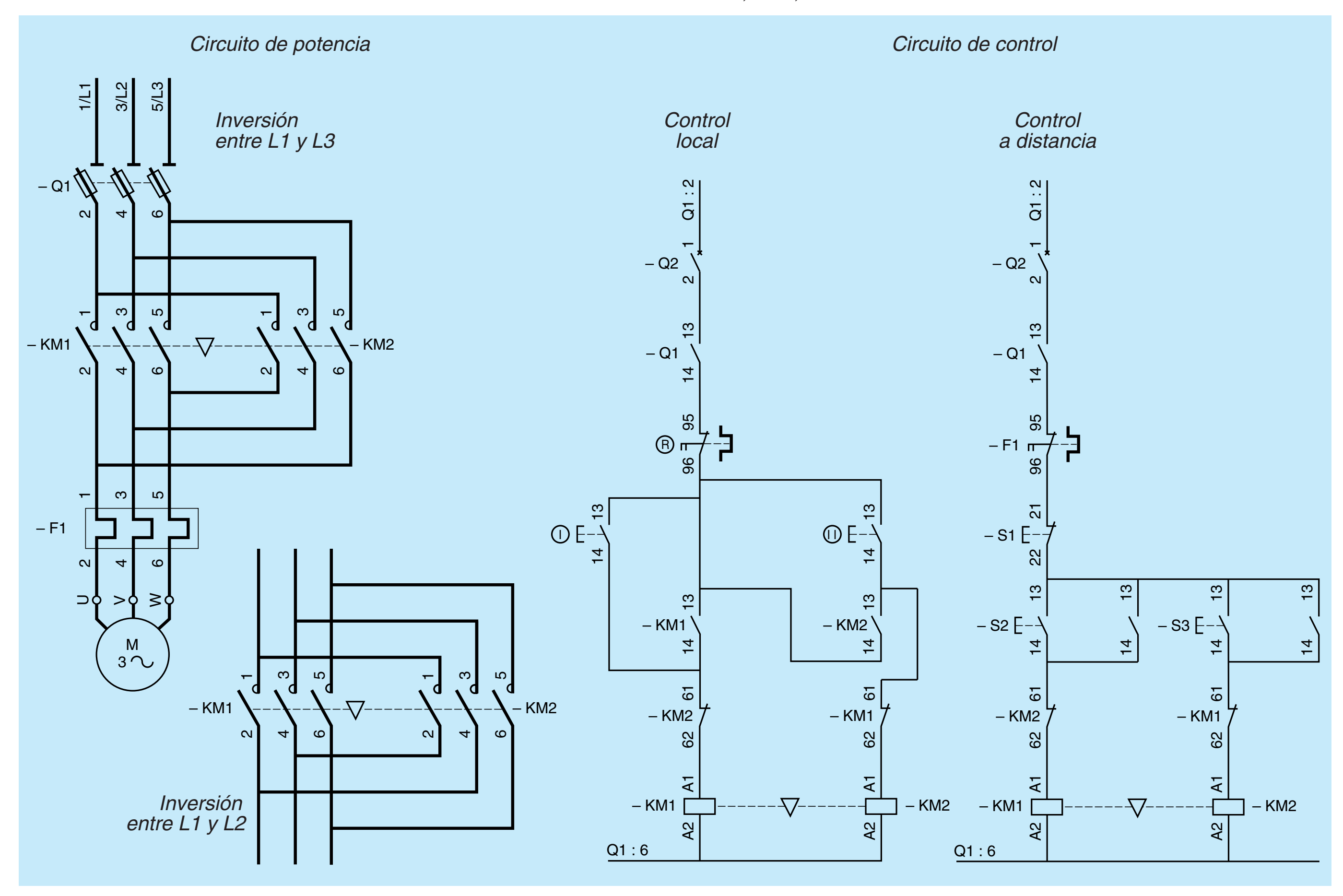
Control a distancia

Funcionamiento del circuito de potencia:ídem control local.

Funcionamiento del circuito de control
Impulso en S2 o S3.
Cierre de KM1 o KM2.
Automantenimiento de KM1 o KM2 (13-14).
Enclavamiento eléctrico de KM1 por KM2 o de KM2 por KM1 (61-62).
Parada manual mediante impulso en S1.

Referencias de los equipos catalogados:
• Funciones pre ensambladas:
– 2 contactores cableados potencia con enclavamiento mecánico y eléctrico, sin seccionador portafusibles, sin relé de protección térmica, tipo LC2-.
El motor debe protegerse con un relé tripolar de protección térmica que se encarga por separado.

KM1-KM2: 1 función pre ensamblada que incluye 2 contactores 3P + NA + NC, enclavados mecánicamente entre sí, calibre In motor en función de la categoría de uso, tipo LC2-, o 2 contactores, tipo LC1- enclavados mecánicamente.
F1: 1 relé de protección térmica, tipo LR2-.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
• Auxiliares de control:
– control local: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B, Domino 22
– control a distancia: S1 a S3, unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B; cajas de pulsadores, tipo XAL-; cajas de pulsadores colgantes, tipo XAC-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arranque de un motor de devanados partidos (part-winding)

Con seccionador portafusibles

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1.
Cierre de KM2.

- Características:

Q1: calibre In motor.
KM1-KM2: calibre In motor / 2.
F2-F3: calibre In motor / 2.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en S2.
Cierre de KM1.
Automantenimiento de KM1 (13-14).
Cierre de KM2 por KM1 (67-68).

Material necesario:

Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar (facultativo), calibre In motor, tipo LS1-, GK1-, GS1.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor.
KM1: 1 contactor 3P + NA+ bloque de contactos temporizados al accionamiento tipo LA2-D, calibre In motor / 2, tipo LC1-.
KM2: 1 contactor 3P, calibre In motor / 2, tipo LC1-.
F2-F3: 2 relé de protección térmica, calibre In motor / 2, tipo LR2-.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
• Auxiliares de control y de equipos: ídem columna siguiente.

Con disyuntor-motor

Funcionamiento del circuito de potencia

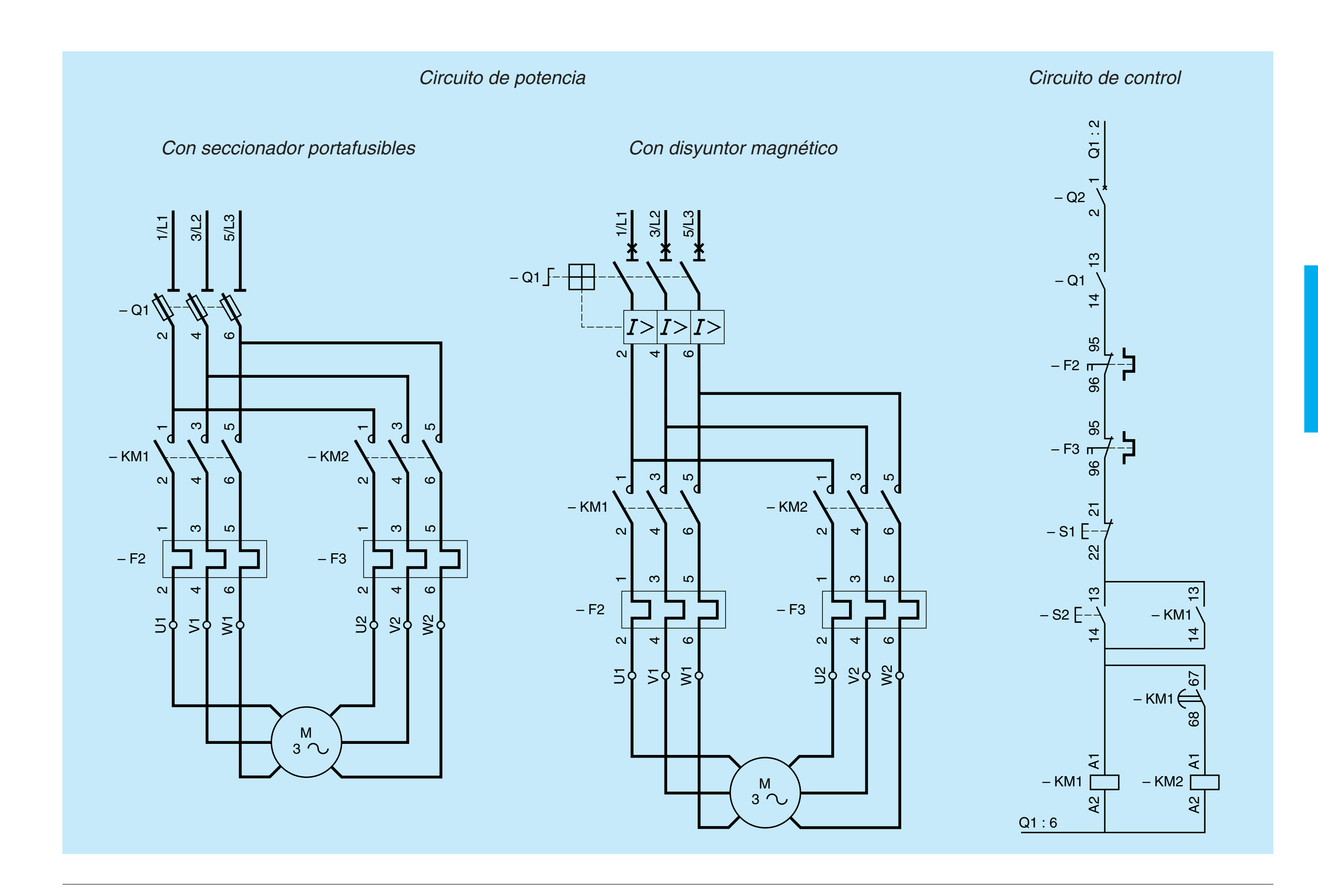
Idéntico al circuito con seccionador portafusibles.

Funcionamiento del circuito de control

Idéntico al circuito con seccionador portafusibles.

Material necesario:

Q1: 1 disyuntor magnético, calibre In motor, tipo GV2-L.
KM1: 1 contactor 3P + NA + bloque de contactos temporizados al accionamiento tipo LA2-D, calibre In motor / 2, tipo LC1-.
KM2: 1 contactor 3P, calibre In motor / 2, tipo LC1-.
F2-F3: 2 relé de protección térmica, calibre In motor / 2 , tipo LR2-.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
• Auxiliares de control:
S1-S2: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B; cajas de pulsadores, tipo XAL-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arrancador estrella-triángulo con seccionador portafusibles

Con bloque de contactos temporizados en el contactor KM2

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1: acoplamiento en estrella.
Cierre de KM2: alimentación del motor.
Apertura de KM1: eliminación del acoplamiento en estrella.
Cierre de KM3: acoplamiento en triángulo.

- Características:

La tensión admisible en los arrollamientos del motor acoplados en triángulo debe corresponderse con la tensión de la red de alimentación.
Q1: calibre In motor.
F1: calibre In motor /√3.
KM1: calibre In motor / 3.
KM2-KM3: calibre In motor /√3.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en S2. Cierre de KM1.
Cierre de KM2 por KM1 (53-54).
Automantenimiento de KM1-KM2 por KM2 (13-14).
Apertura de KM1 por KM2 (55-56).
Cierre de KM3 por KM1 (21-22) y KM2 (67-68).
Parada: impulso en S1.

- Características:

Condenación eléctrica entre KM1 y KM3. El bloque temporizado LA2-D está dotado de un contacto decalado de unos 40 ms, para evitar un posible cortocircuito en el momento de la conmutación en estrella-triángulo.

Material necesario:

Q1: 1 seccionador tripolar portafusibles (facultativo), calibre In motor, tipo LS1-, GK1-, GS1-.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor.
KM1: 1 contactor 3P + NA + NC, calibre In motor / √3, tipo LC1-.
KM2: 1 contactor 3P + NA + bloque de contactos temporizados al accionamiento (temporización habitual: 7 a 20 s. Véase “Características particulares”), calibre In motor / √3, tipo LC1-.
KM3: 1 contactor 3P + NC, calibre In motor / √3, tipo LC1-.
F1: en serie con los arrollamientos del motor, 1 relé de protección térmica, calibre In motor / √3, tipo LR2-.

- *Auxiliares de control:*

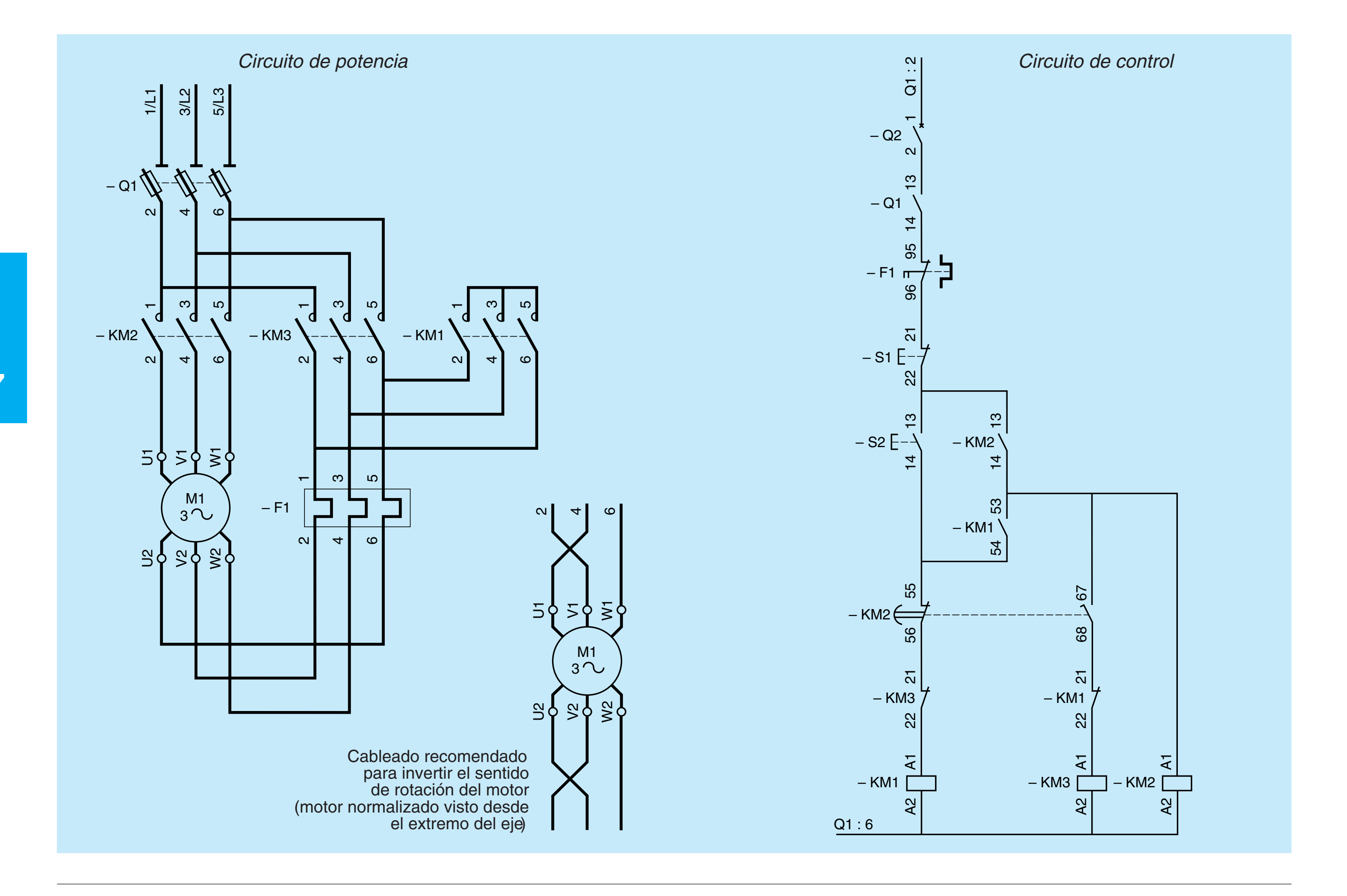
S1-S2: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B.

- *Auxiliares de equipos:*

– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Referencias de los equipos catalogados:

- *Equipos completos (cableados potencia y control), sin relé de protección térmica: en chasis, tipo LC3-.*
- *Equipos en cofres, sin relé de protección térmica, con o sin seccionador portafusibles, en cofre estanco, tipo LE3-.*



Arrancador estrella-triángulo con disyuntor magnético

Con bloque de contactos temporizados en el contactor KM2

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1: acoplamiento en estrella.
Cierre de KM2: alimentación del motor.
Apertura de KM1: eliminación del acoplamiento en estrella.
Cierre de KM3: acoplamiento en triángulo.

- Características:

La tensión admisible en los arrollamientos del motor acoplados en triángulo debe corresponderse con la tensión de la red de alimentación.
Q1: calibre In motor.
F1: calibre In motor /√3.
KM1: calibre In motor / 3.
KM2-KM3: calibre In motor /√3.

Funcionamiento del circuito de control

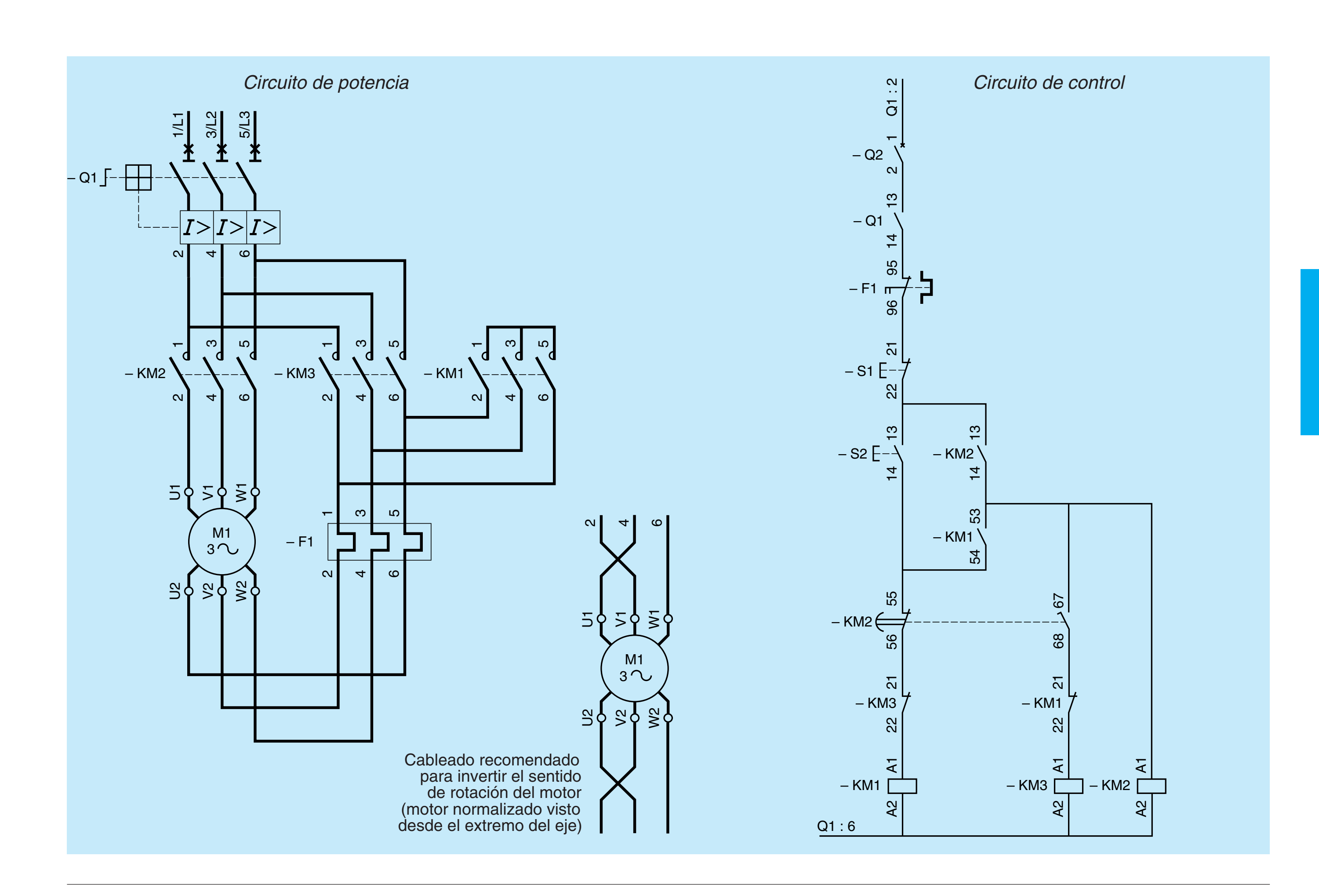
Impulso en S2. Cierre de KM1.
Cierre de KM2 por KM1 (53-54).
Automantenimiento de KM1-KM2 por KM2 (13-14).
Apertura de KM1 por KM2 (55-56).
Cierre de KM3 por KM1 (21-22) y KM2 (67-68).
Parada: impulso en S1.

- Características:

Condenación eléctrica entre KM1 y KM3. El bloque temporizado LA2-D está dotado de un contacto decalado de unos 40 ms, para evitar un posible cortocircuito en el momento de la conmutación en estrella-triángulo.

Material necesario:

Q1: 1 disyuntor magnético tripolar, calibre In motor, tipo GV2-L.
KM1: 1 contactor 3P + NC + NA, calibre In motor/3, tipo LC1-.
KM2: 1 contactor 3P + NA + bloque de contactos temporizados al accionamiento (temporización habitual 7 a 20 s. Véase “Características particulares”), calibre In motor / √3, tipo LC1-.
KM3: 1 contactor 3P + NC, calibre In motor / √3, tipo LC1-.
F1: en serie con los arrollamientos del motor, 1 relé de protección térmica, calibre In motor / √3, tipo LR2-.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
• Auxiliares de control:
S1-S2: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B; cajas de pulsadores, tipo XAL-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arrancador estatórico

Dos contactores de distinto calibre

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM11: puesta bajo tensión del motor, resistencias incorporadas.
Cierre de KM1: cortocircuitado de las resistencias.
Acoplamiento directo del motor a la red de alimentación.

- Características:

Q1: calibre In motor.
KM11: calibre In motor / 2 (1).
KM1: calibre In motor.
F2: calibre In motor.
(1) Al estar abierto el contactor KM11 al final del arranque, puede tener un calibre inferior al de KM1. No obstante, es necesario asegurarse de que su poder de cierre es superior a la corriente de arranque del motor.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en S2.
Cierre de KM11.
Automantenimiento de KM11 (13-14) y alimentación del relé temporizador térmico F2.
Cierre de KM1 por KM11 (67-68).
Eliminación de F2 y de KM11 por KM1 (21-22) y (62-61).
Parada: impulso en S1.

- Características:

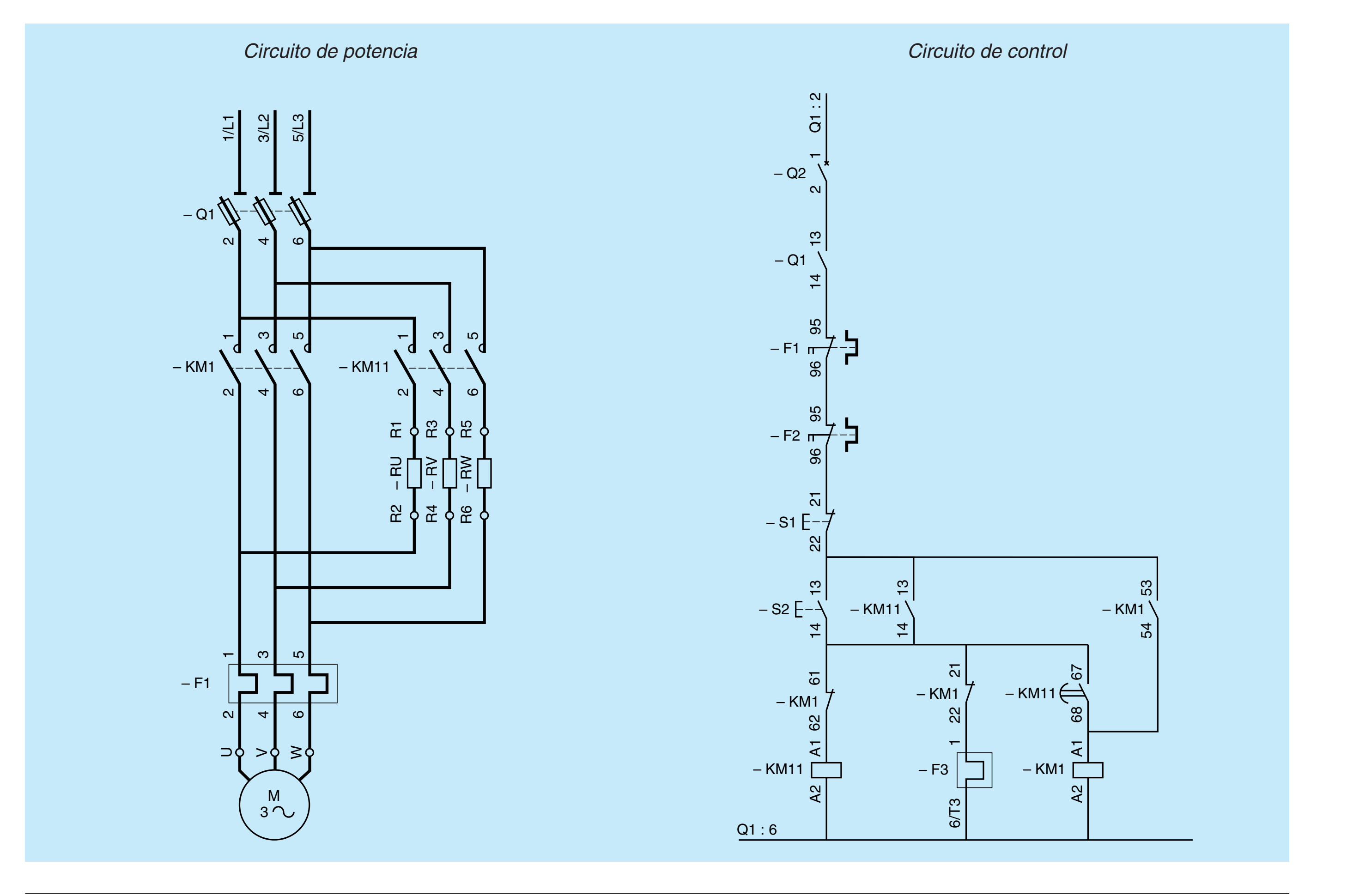
F2: relé temporizador térmico que protege las resistencias contra arranques demasiado frecuentes o incompletos.

Material necesario:

Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar (facultativo), calibre In motor, tipo GK1-, DK1-.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor.
KM11: 1 contactor 3P + NA + bloque aditivo temporizado al accionamiento, tipo LA2-D (Temporización habitual 7 a 20 s), calibre In motor / 2, tipo LC1- + 1 aditivo instantáneo, tipo LA1-D.
KM1: 1 contactor 3P + NC, calibre In motor, tipo LC1- + 1 aditivo instantáneo, tipo LA1-D.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor, tipo LR2-.
F2: 1 relé temporizador térmico para proteger la resistencia de arranque (facultativo), tipo LT2-TK- Temporización habitual: 2 a 3 arranques consecutivos
RU, RV, RW: 1 resistencia de arranque. Valor en función de la potencia del motor. Sección en función de la duración de la puesta bajo tensión.

• Auxiliares de control:
S1-S2: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B, Domino 22cajas de pulsadores, tipo XAL-.

• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



7

Arrancador estatórico

Dos contactores del mismo calibre

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1: puesta bajo tensión del motor, resistencias incorporadas.
Cierre de KM11: cortocircuitado de las resistencias.
Acoplamiento directo del motor a la red de alimentación.

- Características:

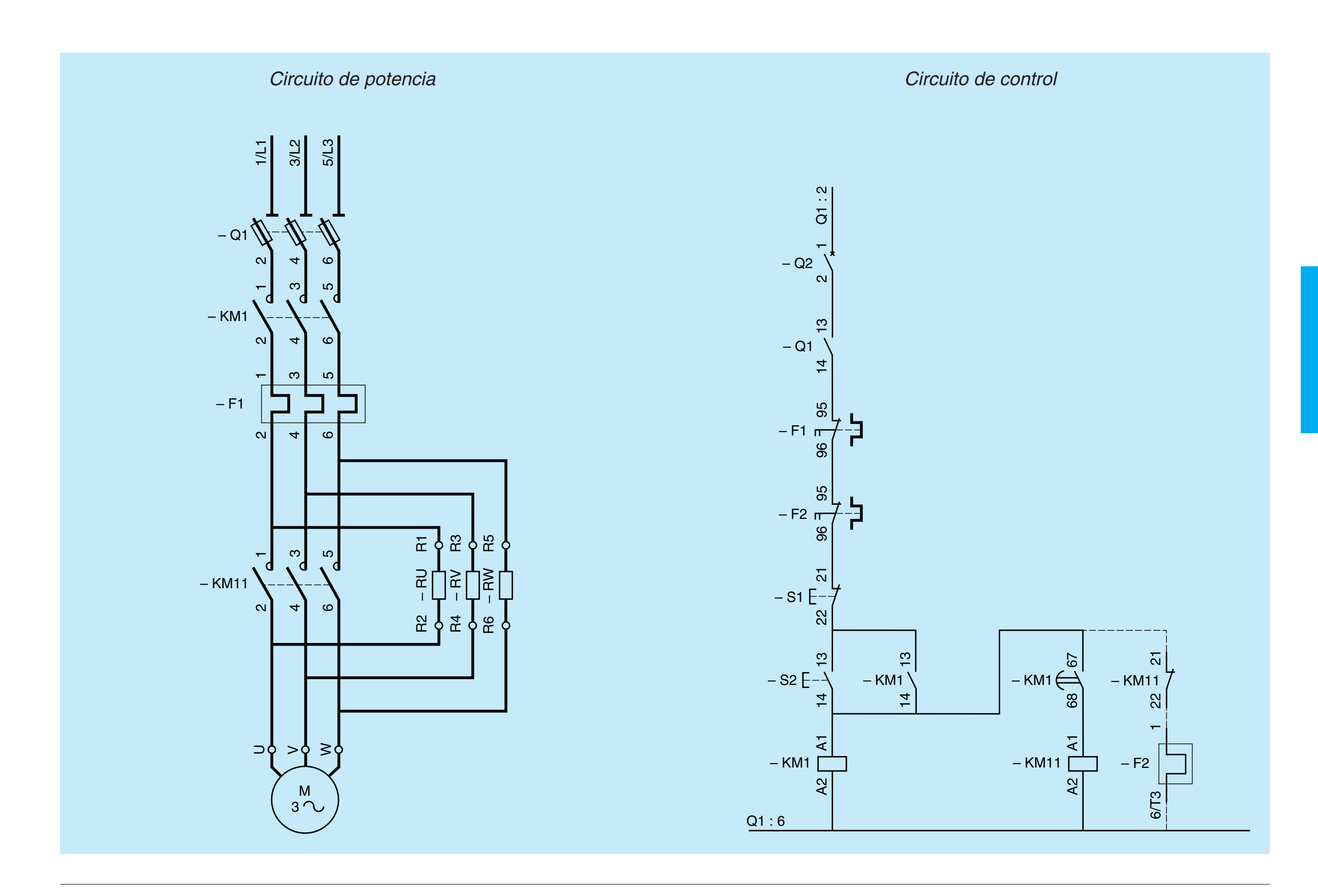
Q1: calibre In motor.
KM1-KM11: calibre In motor (1).
F1: calibre In motor.

(1) Al estar cerrados los contactores KM1 y KM11 durante todo el tiempo en el que funciona el motor y al estar sus polos conectados en serie, los atraviesa de forma permanente la corriente nominal del motor.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en S2.
Cierre de KM1.
Automantenimiento de KM1 (13-14) y alimentación del relé temporizador térmico F2.
Cierre de KM11 por KM1 (67-68).
Eliminación de F2 por KM11 (21-22).
Parada: impulso en S1.

Material necesario:
Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar (facultativo), calibre In motor, tipo GK1-, GS1.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor.
KM1: 1 contactor 3P + NA + bloque de contactos temporizados al accionamiento, tipo LA2-D.
(Temporización habitual 7 a 20 segundos), calibre In motor, tipo LC1-.
KM11: 1 contactor 3P + NC, calibre In motor, tipo LC1-.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor, tipo LR2-.
F2: 1 relé temporizador térmico para proteger la resistencia de arranque (facultativo), tipo LT2-TK. Temporización habitual: 2 a 3 arranques consecutivos.
RU, RV, RW: 1 resistencia de arranque. Valor en función de la potencia del motor. Sección en función de la duración de la puesta bajo tensión.
• Auxiliares de control:
S1-S2: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B; cajas de pulsadores, tipo XAL-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



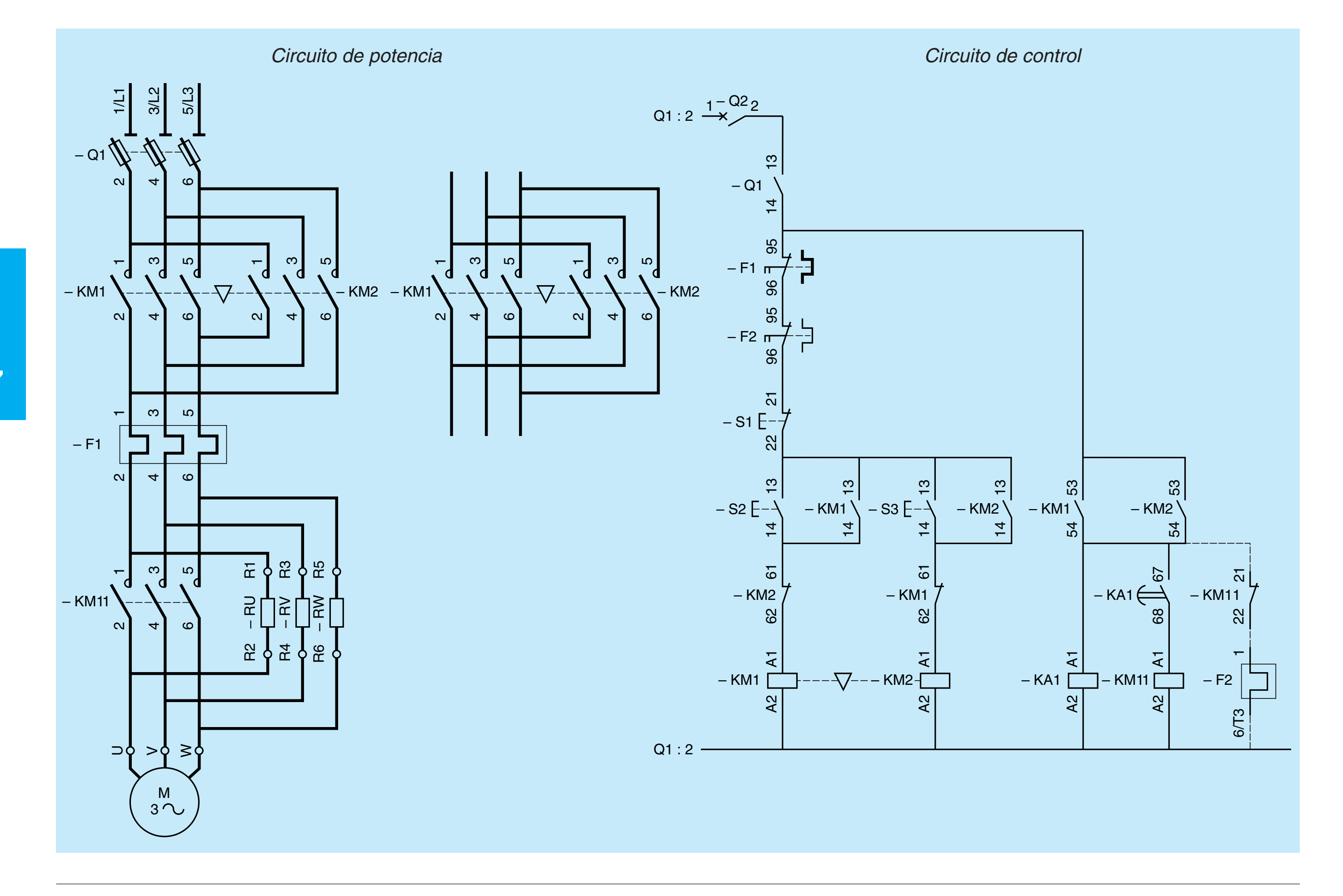
Arrancador-inversor estatórico

Funcionamiento del circuito de potencia
Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1 o de KM2: puesta bajo tensión del motor, resistencias incorporadas.
Cierre de KM11: cortocircuitado de las resistencias.
Acoplamiento directo del motor a la red de alimentación.
- Características:
Q1: calibre In motor.
KM1-KM2: calibre In motor.
KM11: calibre In motor.
F1: calibre In motor.

Funcionamiento del circuito de control
Impulso en S2 o S3.
Cierre de KM1 o de KM2.
Enclavamiento de KM2 o de KM1 (61-62).
Automantenimiento de KM1 o KM2 (13-14).
Cierre de KA1 por KM1 o KM2 (53-54) y alimentación del relé temporizador térmico F2.
Cierre de KM11 por KA1 (67-68).
Eliminación de F2 por KM11 (21-22).
Parada: impulso en S1.
- Características:
Condenación mecánica y eléctrica entre KM1 y KM2.

F2: relé temporizador térmico que protege las resistencias contra arranques demasiado frecuentes o incompletos.

Material necesario:
Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar (facultativo), calibre In motor, tipo GK1-, GS1.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor.
KM1-KM2: 1 función pre ensamblada que incluye: 2 contactores 3P + NC + 2NA, enclavados mecánicamente entre sí, calibre In motor, tipo LC2-; o 2 contactores tipo LC1- enclavados mecánicamente.
KM11: 1 contactor 3P + NC, calibre In motor, tipo LC1-.
KA1: 1 contactor auxiliar con aditivo temporizado al accionamiento, tipo CA2-D o CA2-K. Temporización habitual: 7 a 20 segundos.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor, tipo LR2-.
F2: 1 relé temporizador térmico para proteger la resistencia de arranque, tipo LT2-TK (facultativo). Temporización habitual: 2 a 3 arranques consecutivos
RU, RV, RW: 1 resistencia de arranque. Valor en función de la potencia del motor. Sección en función de la duración de la puesta bajo tensión del motor.
• Auxiliares de control:
S1 a S3: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B; cajas de pulsadores, tipo XAL-; cajas de pulsadores colgantes, tipo XAC-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arrancador mediante autotransformador

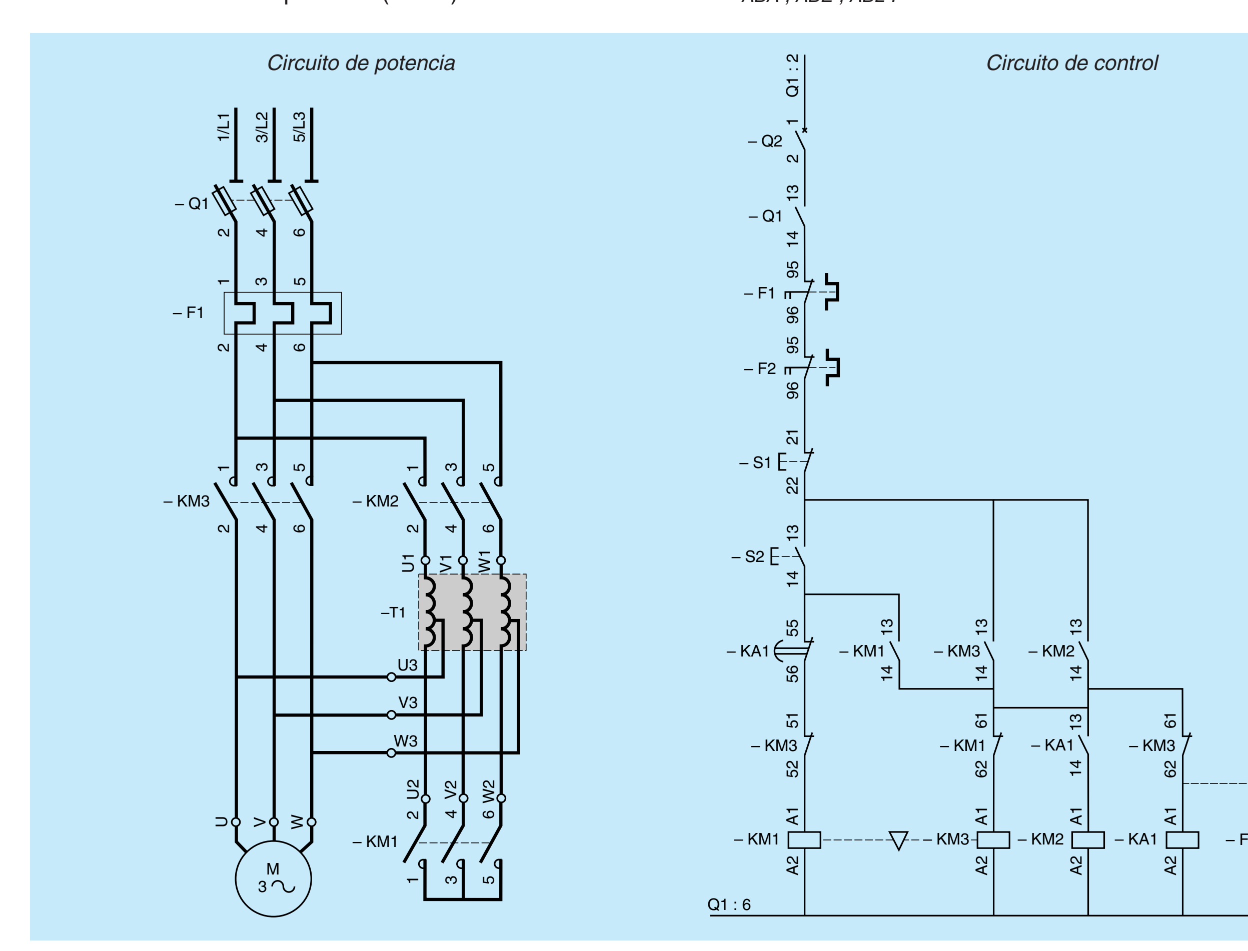
Funcionamiento del circuito de potencia
Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1: acoplamiento en estrella del autotransformador.
Cierre de KM2: alimentación del autotransformador, arranque del motor.
Apertura de KM1: eliminación del acoplamiento en estrella del autotransformador.
Cierre de KM3: alimentación directa del motor.
Apertura de KM2: eliminación del autotransformador.
- Características:

Q1: calibre In motor.
KMI-KM2: calibre en función de la toma del autotransformador, del tiempo de arranque y del número de arranques/hora.
KM3: calibre In motor.
F1: calibre In motor.

Funcionamiento del circuito de control
Impulso en S2.
Cierre de KM1.
Enclavamiento de KM3 por KM1 (61-62).
Cierre de KA1 por KM1 (13-14), y alimentación del relé temporizador térmico F2.
Cierre de KM2 por KA1 (13-14).
Automantenimiento de KM2 (13-14).
Apertura de KM1 por KA1 (55-56).
Cierre de KM3 por KM1 (61-62).
Enclavamiento de KM1 por KM3 (51-52).
Automantenimiento de KM3 (13-14).
Apertura de KA1 por KM3 (61-62).
Eliminación de F2 por KM3 (61-62).
Apertura de KM2 por KA1 (13-14).
Parada: impulso en S1.
- Características:

Condenación mecánica y eléctrica entre KM1 y KM3.
F2: relé temporizador térmico que protege el autotransformador contra arranques demasiado frecuentes o incompletos.

Material necesario:
Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar (facultativo), calibre In motor, tipo GK1-, GS1.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor.
KM1: 1 contactor 3P + NC + NA, calibre In motor, tipo LC1-.
KM2: 1 contactor 3P + NA, calibre In motor, tipo LC1-.
KM3: 1 contactor 3P + 2NC + NA, calibre In motor, tipo LC1, enclavado mecánicamente con KM1.
KA1: 1 contactor auxiliar con aditivo temporizado al accionamiento, tipo CA2-D o CA2-K. Temporización habitual: 7 a 20 segundos.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé de protección térmica calibre In motor, tipo LR2-.
F2: 1 relé temporizador térmico para proteger el autotransformador, tipo LT2-TK. Temporización habitual: 2 a 3 arranques consecutivos.
• Auxiliares de control:
S1-S2 : unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arranque de un motor de 2 velocidades de enrollamientos separados, con seccionador

Paso de PV a GV o a la inversa pasando por parada

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1o KM2.

- Características:

Q1: calibre In máxima. KM1: calibre In motor a PV.
KM2: calibre In motor a GV.
Enclavamiento eléctrico y mecánico entre KM1 y KM2.
Para realizar esta condenación mecánica, a veces es necesario utilizar dos contactores de idéntico calibre.
F1: calibre In motor a PV. F2: calibre In motor a GV.
Nota: a veces In motor a PV > In motor a GV.

Funcionamiento del circuito de control (esquema 1)

Impulso en S2.
Cierre de KM1.
Enclavamiento de KM2 por KM1 (61-62).
Automantenimiento de KM1 (13-14),

o:

Impulso en S3.
Cierre de KM2.
Enclavamiento de KM1 por KM2 (61-62).
Automantenimiento de KM2 (13-14).
Parada: impulso en S1.

- Características:

Condenación eléctrica y mecánica entre KM1 y KM2.

Paso de PV a GV o a la inversa sin pasar por parada

Funcionamiento del circuito de potencia: ídem columna anterior.

Funcionamiento del circuito de control (esquema 2): ídem columna anterior.

- Características:

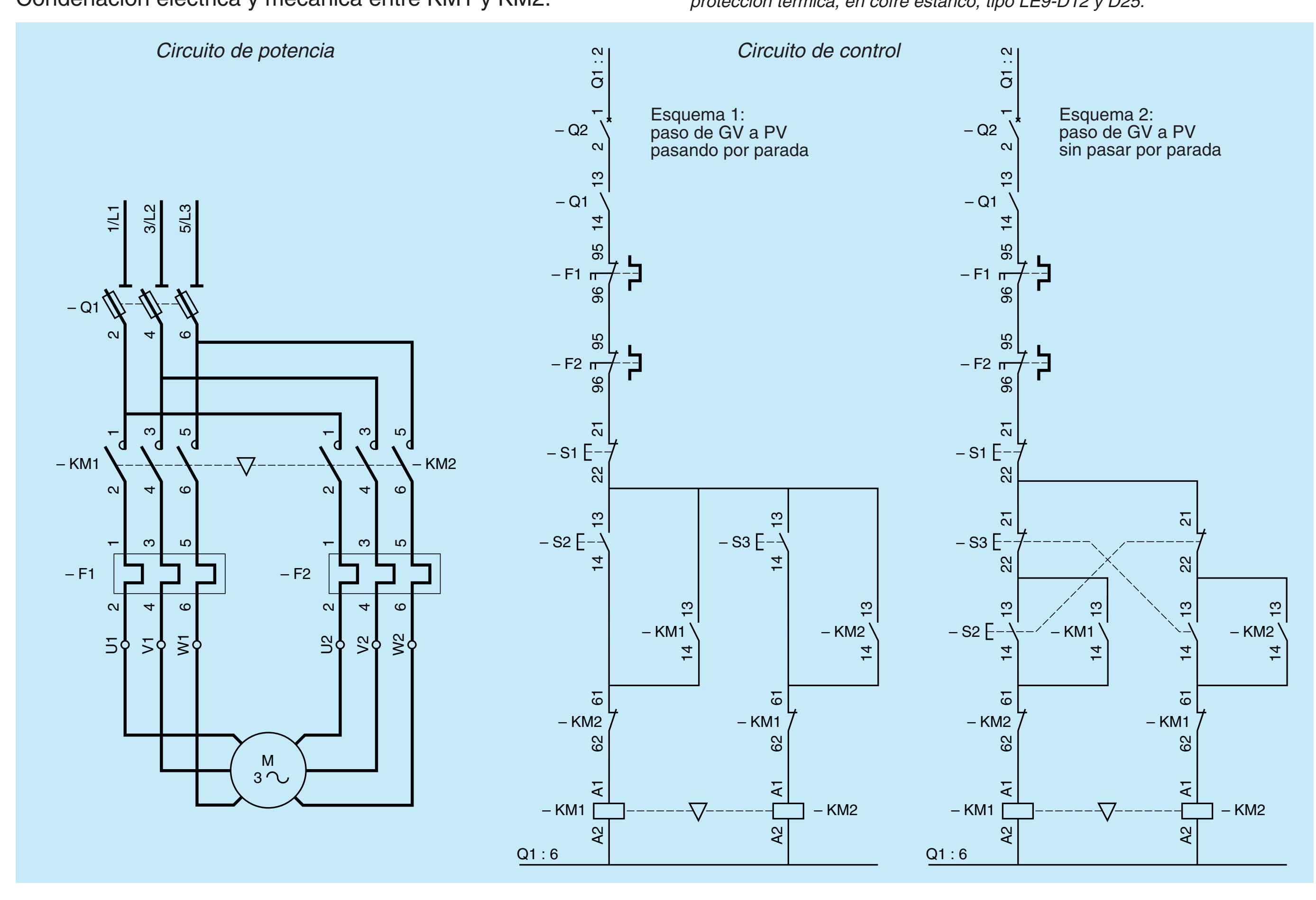
Condenación mecánica y eléctrica entre KM1 y KM2.
Pulsadores de Marcha NC + NA. El Paso de PV a GV, o de GV a PV, se realiza mediante impulso en S3 o S2. El contacto 21-22 de S2 o de S3 provoca la apertura del contactor.

Material necesario:

Q1: 1 seccionador tripolar portafusibles (facultativo), calibre In motor máxima, tipo LS1-, GK1-, GS1.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor máxima.
KM1: 1 contactor 3P + NC + NA, calibre In motor a PV, tipo LC1-.
KM2: 1 contactor 3P + NC + NA, calibre In motor a GV, tipo LC1-.
Enclavamiento mecánico entre KM1 y KM2 recomendado. En tal caso, utilizar una función pre ensamblada, tipo LC2- (eliminar las conexiones inferiores 2-4 y 6); o 2 contactores, tipo LC1-, enclavados mecánicamente.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor a PV, tipo LR2-.
F2: 1 relé de protección térmica, calibre In motor a GV, tipo LR2-.
• Auxiliares de control:
S1 (NC), S2 y S3 (NA), esquema 1; S2 y S3 (NC + NA), esquema 2.
Unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-

Referencias de los equipos catalogados:

• Equipos en cofres con o sin seccionador portafusibles, con dos relés de protección térmica, en cofre estanco, tipo LE9-D12 y D25.



Arranque de un motor de 2 velocidades de enrollamientos separados, con disyuntor magnético

Paso de PV a GV o a la inversa pasando por parada

Funcionamiento del circuito de potencia
Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1 o KM2.

- Características:

Q1: calibre In máxima. KM1: calibre In motor a PV.
KM2: calibre In motor a GV.
Enclavamiento eléctrico y mecánico entre KM1 y KM2. Para realizar esta condenación mecánica, a veces es necesario utilizar dos contactores de idéntico calibre.
F1: calibre In motor a PV. F2: calibre In motor a GV.
Nota: a veces In motor a PV > In motor a GV.

Funcionamiento del circuito de control(esquema 1)
Impulso en S2.
Cierre de KM1.
Enclavamiento de KM2 por KM1 (61-62).
Automantenimiento de KM1 (13-14),
o:
Impulso en S3.
Cierre de KM2.
Enclavamiento de KM1 por KM2 (61-62).
Automantenimiento de KM2 (13-14).
Parada: impulso en S1.

- Características:

Condenación eléctrica y mecánica entre KM1 y KM2.

Paso de PV a GV o a la inversa sin pasar por parada

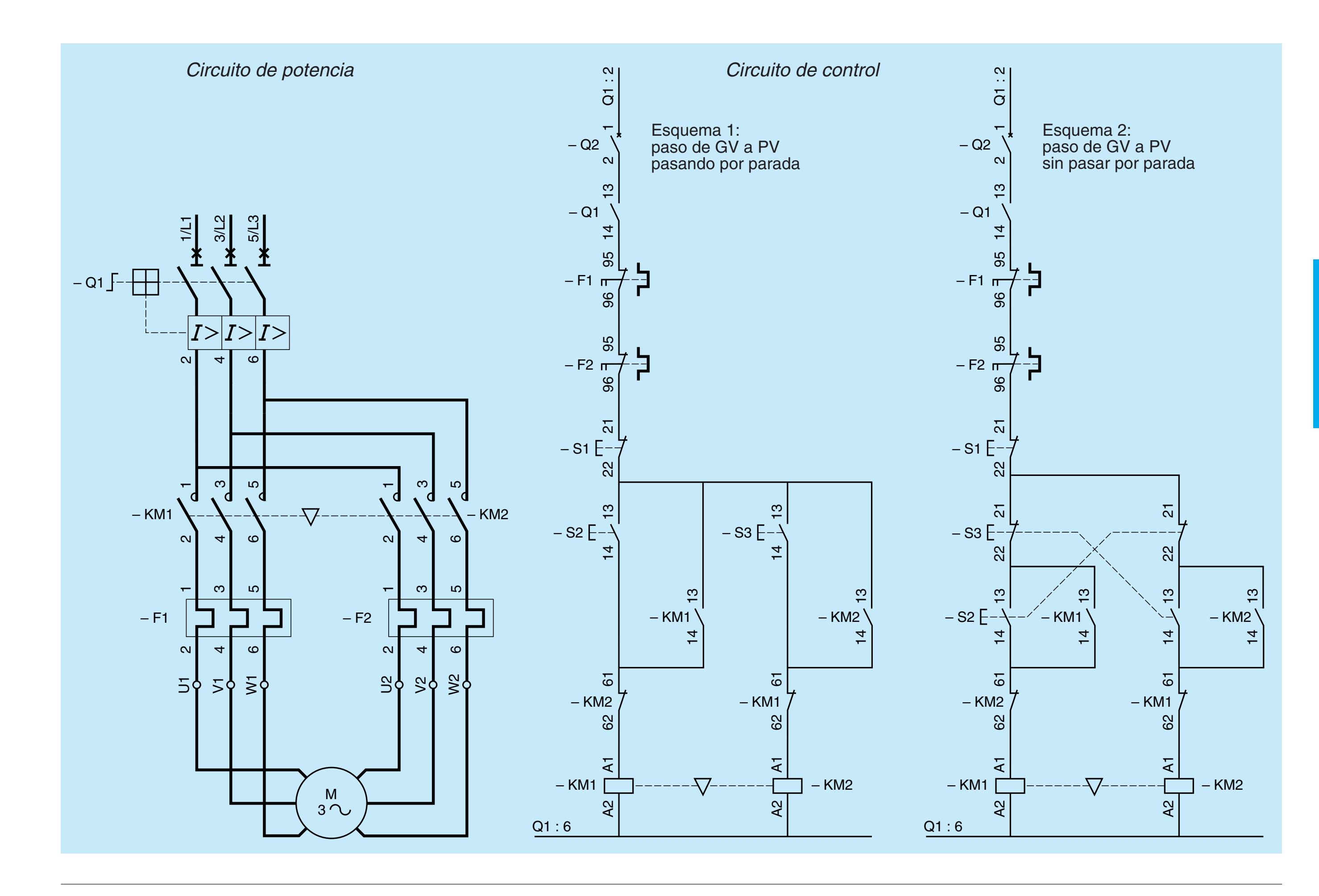
Funcionamiento del circuito de potencia:ídem columna anterior.

Funcionamiento del circuito de control (esquema 2) ídem columna anterior.

- Características:

Condenación mecánica y eléctrica entre KM1 y KM2.
Pulsadores de Marcha NC + NA. El Paso de PV a GV, o de GV a PV, se realiza mediante impulso en S3 o S2. El contacto 21-22 de S2 o de S3 provoca la apertura del contactor.

Material necesario:
Q1: 1 disyuntor magnético tripolar, calibre In motor máxima, tipo GV2-L.
KM1: 1 contactor 3P + NC + NA, calibre In motor a PV, tipo LC1-.
KM2: 1 contactor 3P + NC + NA, calibre In motor a GV, tipo LC1-.
Enclavamiento mecánico entre KM1 y KM2 recomendado. En tal caso, utilizar una función pre ensamblada, tipo LC2- (eliminar las conexiones inferiores 2-4 y 6); o 2 contactores, tipo LC1-, enclavados mecánicamente.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor a PV, tipo LR2-.
F32: 1 relé de protección térmica, calibre In motor a GV, tipo LR2-.
• Auxiliares de control:
S1 (NC), S2 y S3 (NA), esquema 1; S2 y S3 (NC + NA), esquema 2.
Unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-, de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arranque de un motor de 2 velocidades de enrollamientos separados
Arranque a PV. Paso a GV por demanda

Retorno a PV pasando por parada

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1.
Cierre de KM2 por demanda.

- Características:

Q1: calibre In máxima.
KM1: calibre In motor a PV.
KM2: calibre In motor a GV.
Enclavamiento eléctrico y mecánico entre KM1 y KM2. Para realizar esta condenación mecánica, a veces es necesario utilizar dos contactores de idéntico calibre
F1: calibre In motor a PV.
F2: calibre In motor a GV.
Nota: a veces In motor a PV > In motor a GV.

Funcionamiento del circuito de control(esquema 1)

- Para PV:

Impulso en S2.
Cierre de KM1.
Enclavamiento de KM2 por KM1 (61-62).
Automantenimiento de KM1 (13-14).

- Para paso a GV, estando cerrado KM1 (67-68):

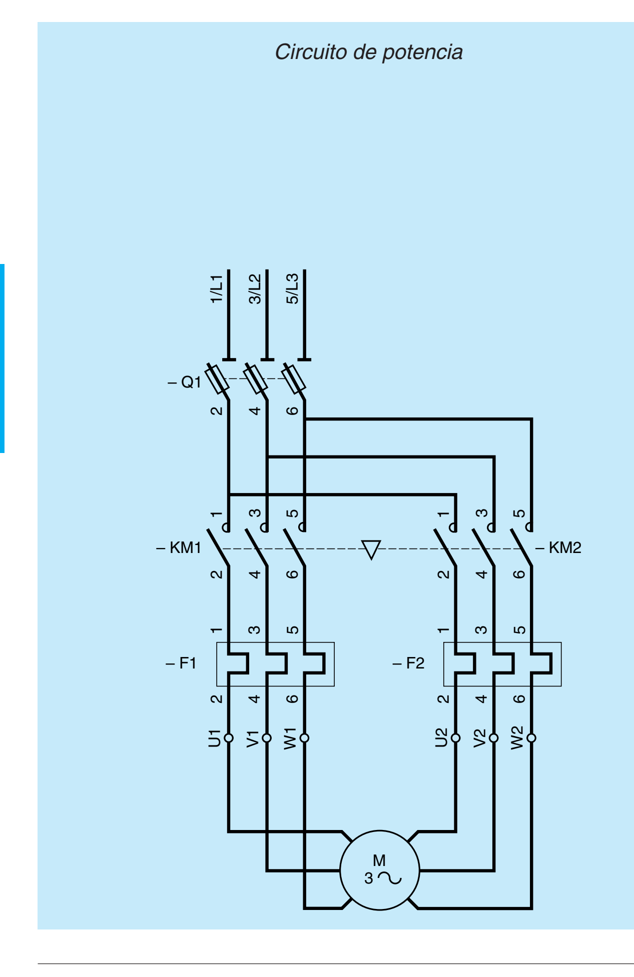
Impulso en S3.
Cierre de KA1.
Automantenimiento de KA1 (13-14).
Apertura de KM1 por KA1 (21-22).
Cierre de KM2 por KA1 (33-34) y KM1 (61-62).
Enclavamiento de KM1 por KM2 (61-62).
Automantenimiento de KM2 (13-14).
Parada: impulso en S1.

- Características:

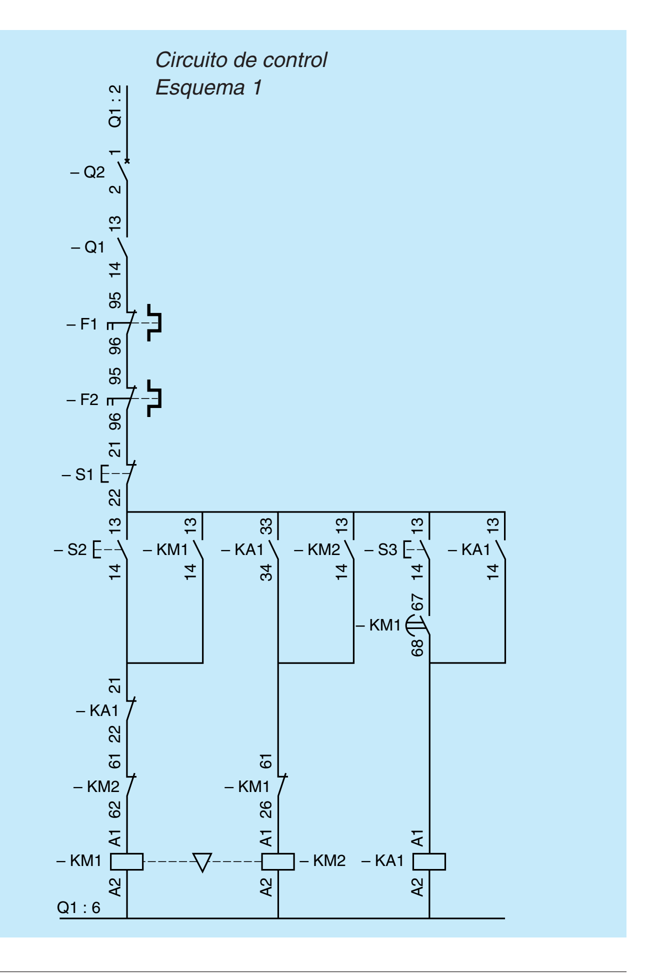
Condenación mecánica y eléctrica entre KM1 y KM2.

Material necesario (idéntico para los 3 esquemas):
Q1: 1 seccionador tripolar portafusibles (facultativo), calibre In motor máxima, tipo LS1-, GK1-, GS1.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor máxima.
KM1: 1 contactor 3P + NC + NA + bloque de contactos temporizados al accionamiento, tipo LA2-D Calibre In motor a PV, tipo LC1-.
Si los contactos NC y NA y el bloque tipo LA2-D no pueden montarse en el contactor KM1, utilizar un contactor auxiliar tipo CA2-D, cuya bobina se conectará en paralelo a KM1.
KM2: 1 contactor 3P + NC + NA, calibre In motor a GV, tipo LC1-.
Enclavamiento mecánico entre KM1 y KM2 recomendado.
KA1: 1 contactor auxiliar 2NA + NC, tipo CA2-D o CA2-K.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor a PV, tipo LR2-.
F2: 1 relé de protección térmica, calibre In motor a GV, tipo LR2-.
• Auxiliares de control:
S1 a S3 : unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B, Domino 22; cajas de pulsadores, tipo XAL-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Circuito de potencia



Circuito de control
Esquema 1



7

Arranque de un motor de 2 velocidades de enrollamientos separados
Arranque a PV. Paso a GV por demanda o automático PV-GV

Retorno a PV pasando por parada

Funcionamiento del circuito de potencia: ídem pág. anterior.

Funcionamiento del circuito de control (esquema 2)

- Para PV:

Impulso en S2. Cierre de KA1.
Cierre de KM1 por KA1 (33-34).
Enclavamiento de KM2 por KM1 (61-62).
Automantenimiento de KM1 (13-14).
Mantenimiento de KA1 por KM1 (53-54) y KA1 (13-14).

- Para pasar a GV: estando cerrado KM1 (67-68).

Impulso en S3. Cierre de KA2.
Automantenimiento de KA2 (13-14) y (33-34).
Apertura de KA1 por KA2 (21-22).
Apertura de KM1 por KA2 (55-56).
Cierre de KM2 por KM1 (61-62) y KA2 (67-68).
Enclavamiento de KM1 por KM2 (21-22).

- Para PV-GV en automático:

Impulso en S3. Cierre de KM1.
Automantenimiento de KM1 (13-14).
Cierre de KA2 por KM1 (83-84).
Automantenimiento de KA2 (13-14) y (33-34). Apertura de KM1 por KA2 (55-56). Cierre de KM2 por KM1 (61-62) y KA2 (67-68).
Enclavamiento de KM1 por KM2 (21-22).
Parada: impulso en S1.

- Características:

Condenación mecánica y eléctrica entre KM1 y KM2.

Retorno a PV sin pasar por parada

Funcionamiento del circuito de potencia: ídem pág. anterior.

Funcionamiento del circuito de control (esquema 3)

- Para PV: ídem columna anterior.
- Para paso a GV:

Impulso en S3. Cierre de KA2 por KM1 (83-84).
Apertura de KA1 por KA2 (21-22). Automantenimiento de KA2 (13-14) y (33-34). Apertura de KM1 por KA2 (55-56). Cierre de KM2 por KM1 (61-62) y KA2 (67-68). Enclavamiento de KM1 por KM2 (21-22).

- Para PV-GV en automático:

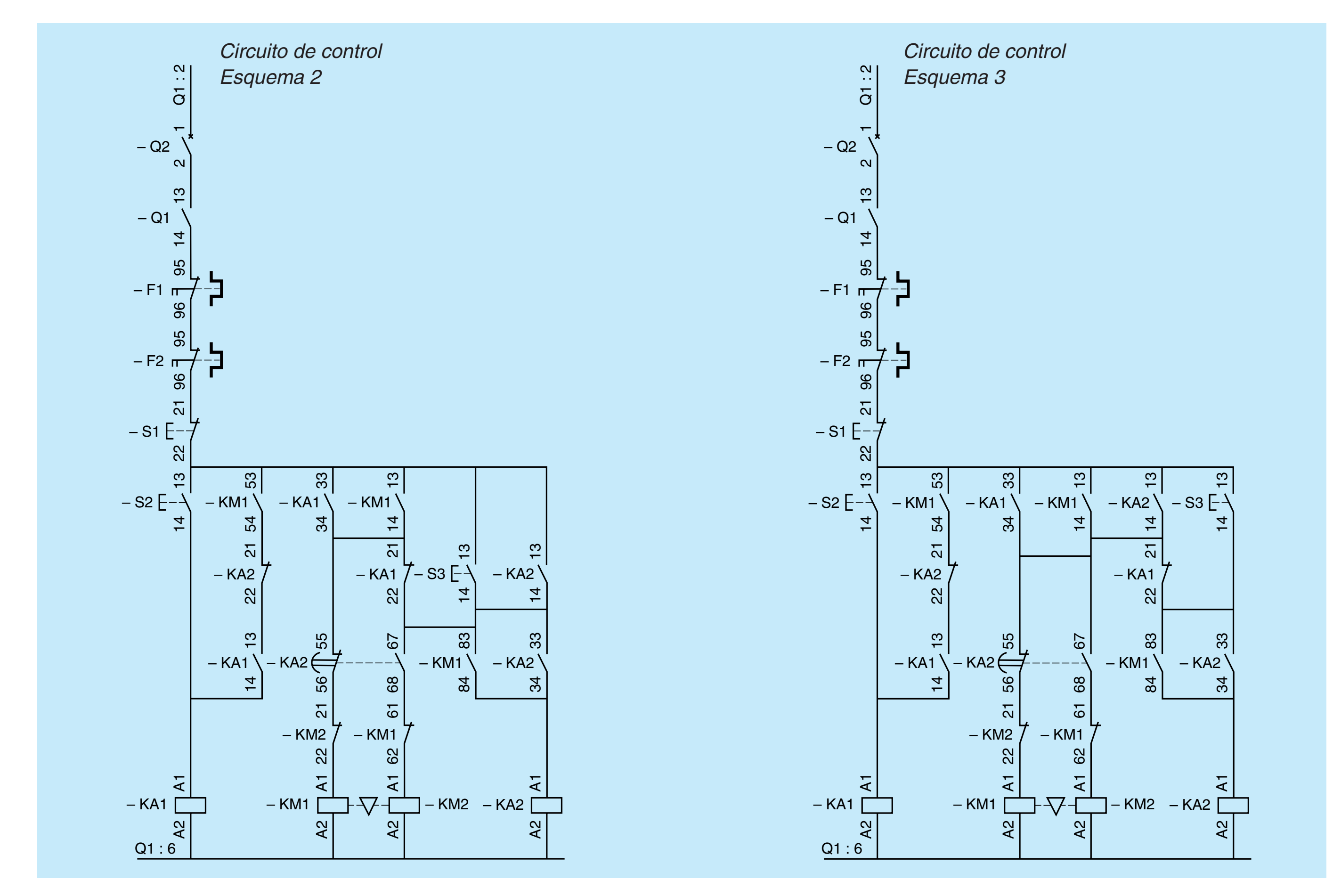
Impulso en S3. Cierre de KM1.
Enclavamiento de KM2 por KM1 (61-62).
Automantenimiento de KM1 (13-14). Cierre de KA2 por KM1 (83-84). Automantenimiento de KA2 (13-14) y (33-34).
Apertura de KM1 por KA2 (55 56). Cierre de KM2 por KA2 (67-68) y KM1 (61-62). Enclavamiento de KM1 por KM2 (21-22).

- Para paso de GV a PV:

Impulso en S2. Cierre de KA1. Apertura de KA2 por KA1 (21-22). Apertura de KM2 por KA2 (67 68). Cierre de KM1 por KM2 (21-22), KA1 (33-34) y KA2 (55-56). Automantenimiento de KA1 por KM1 (53-54).
Enclavamiento de KM2 por KM1 (61-62).
Parada: impulso en S1.

- Características:

Condenación mecánica y eléctrica entre KM1 y KM2.



Arrancador-inversor de 2 velocidades en conexión Dahlander. Par constante Dahlander

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM4 o de KM5: elección del sentido de rotación del motor.
Cierre de KM1: arranque del motor a PV o
Cierre de KM2: acoplamiento en estrella de las bornas PV del motor.
Cierre de KM3: arranque del motor a GV.

- Características:

Q1: calibre In motor máxima.
KM4-KM5: calibre In motor máxima.
KM1: calibre In motor a PV.
KM2-KM3: calibre In motor a GV.
F1: calibre In motor a PV.
F2: calibre In motor a GV.
Enclavamiento eléctrico y mecánico entre KM4 y KM5 y entre KM1 y KM2.

Par constante

PV: U1, V1, W1 a la red.
U2, V2, W2 abiertos.
GV: W2, U2, V2 a la red.
U1, V1, W1 unidos.

Otros acoplamientos

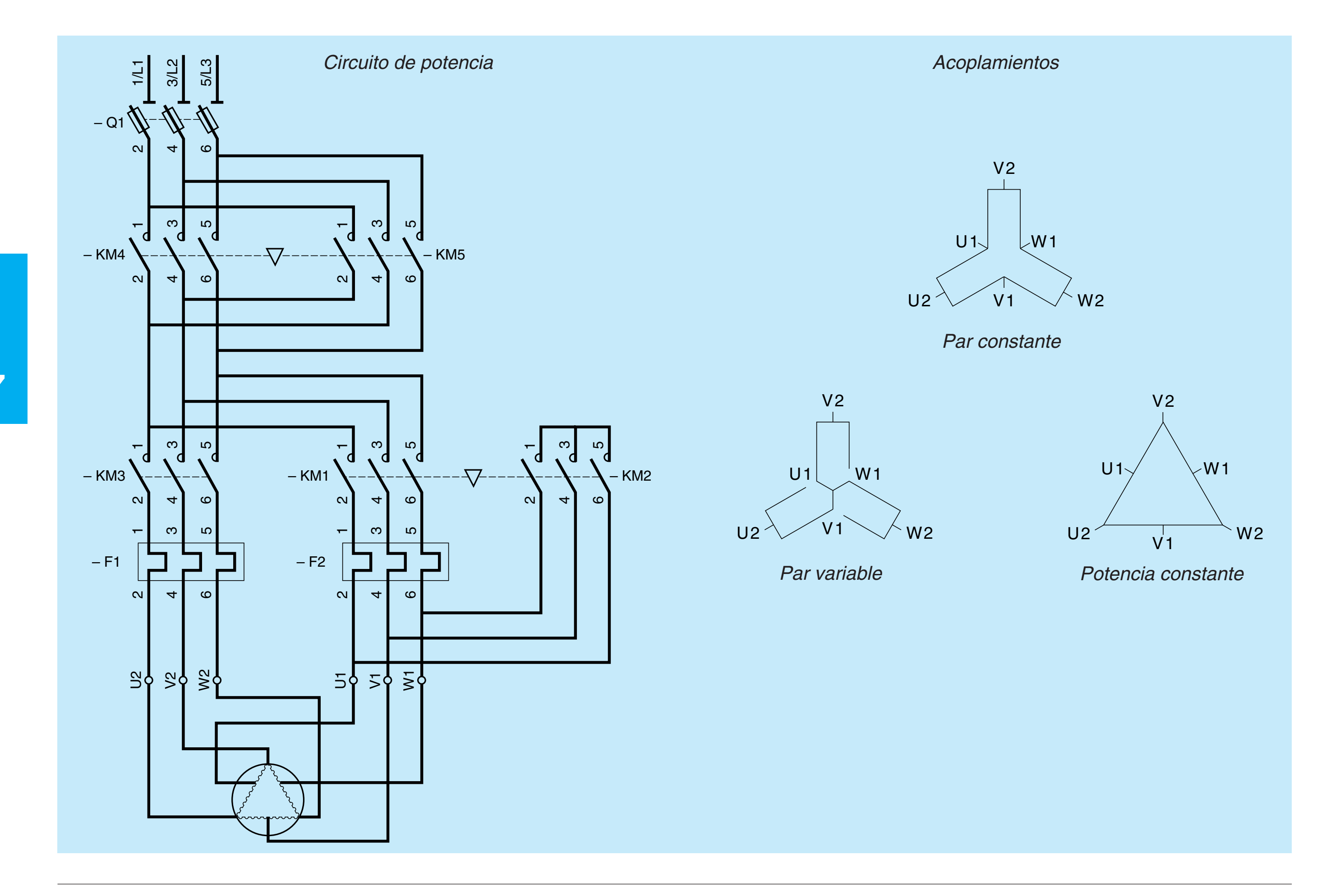
- Par variable:

PV: U1, V1, W1 a la red.
U2, V2, W2 unidos.
GV: W2, U2, V2 a la red.
U1, V1, W1 unidos.

- Potencia constante:

PV: U1, V1, W1 a la red.
U2, V2, W2 unidos.
GV: W2, U2, V2 a la red.
U1, V1, W1 abiertos.

Conviene asegurarse, antes de la puesta en servicio, de la concordancia del sentido de rotación del motor en las dos velocidades.



Arrancador-inversor de 2 velocidades en conexión Dahlander. Par constante Dahlander

Funcionamiento del circuito de control

- PV anterior:

Impulso en S2. Cierre de KM4.
Enclavamiento de KM5 por KM4 (21-22).
Cierre de KM1 por KM4 (63-64).
Automantenimiento de KM4 (53-54).
Enclavamiento de KM2 y de KM3 por KM1 (21-22).
Parada: impulso en S1.

- GV anterior:

Impulso en S4. Cierre de KM2.
Cierre de KM3 por KM2 (53-54).
Enclavamiento de KM1 por KM2 y KM3 (21-22).
Cierre de KM4 por KM3 (53-54).
Enclavamiento de KM5 por KM4 (21-22).
Automantenimiento de KM4 (53 54).
Parada: impulso en S1.

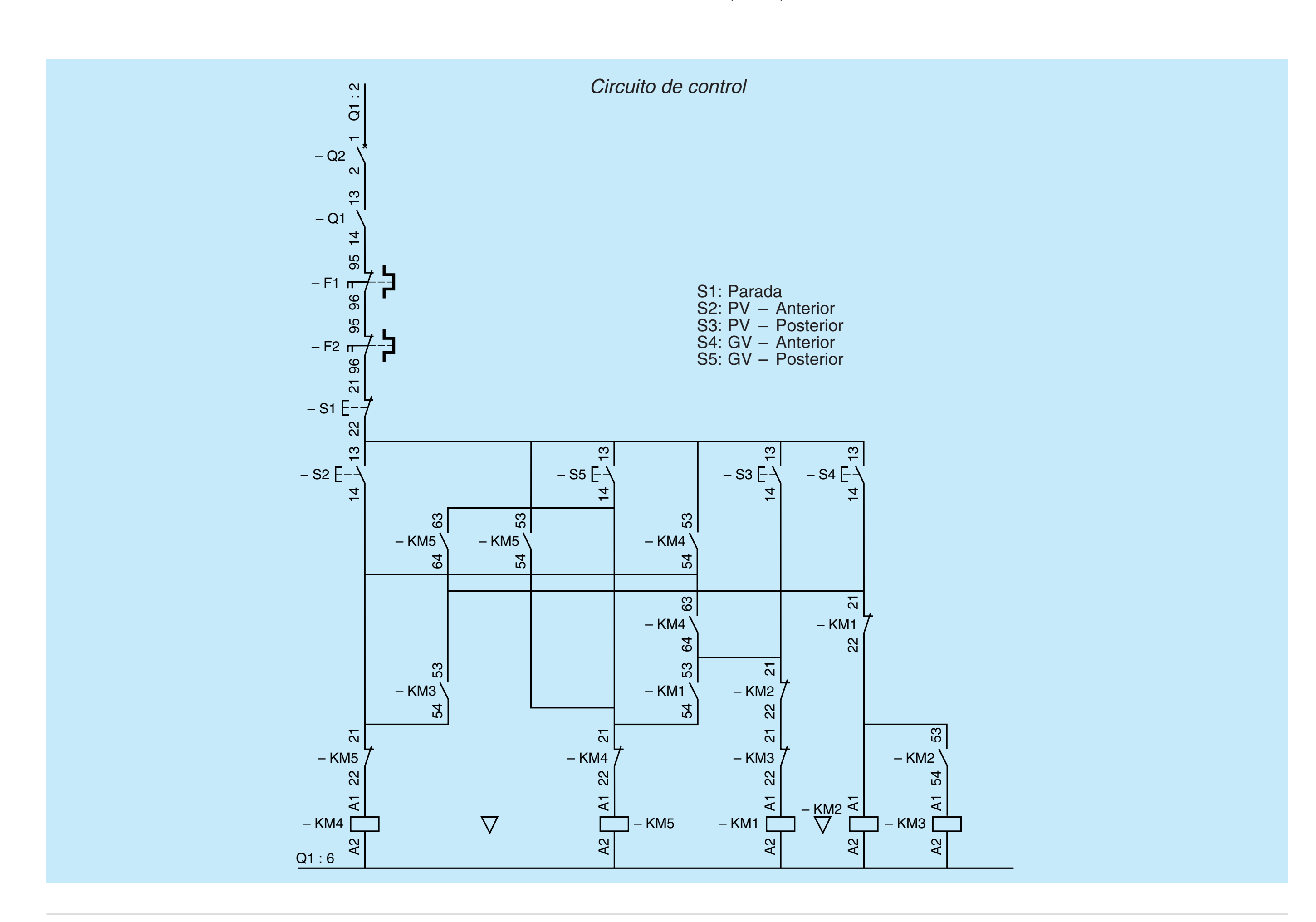
- PV posterior:

Impulso en S3. Cierre de KM1.
Enclavamiento de KM2 y de KM3 por KM1 (21-22).
Cierre de KM5 por KM1 (53-54).
Automantenimiento de KM5 (53-54).
Enclavamiento de KM4 por KM5 (21-22).
Parada: impulso en S1.

- GV posterior:

Impulso en S5. Cierre de KM5.
Enclavamiento de KM4 por KM5 (21-22).
Cierre de KM2 por KM5 (63-64).
Cierre de KM3 por KM2 (53-54).
Enclavamiento de KM1 por KM2 y KM3 (21-22).
Automantenimiento de KM5 (53-54).
Parada: impulso en S1.

Material necesario:
Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar (facultativo), calibre In motor máxima, tipo LS1-, GK1-, GS1.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor máxima.
KM4-KM5: 1 función pre ensamblada que incluye 2 contactores 3P + NC + 2NA enclavados mecánicamente entre sí, calibre In motor máxima, tipo LC2, o 2 contactores, tipo LC1-, enclavados mecánicamente.
KM1: 1 contactor 3P + NC + NA, calibre In motor a PV, tipo LC1-.
KM2: 1 contactor 3P + NC + NA, calibre In motor a GV, tipo LC1-.
Enclavamiento mecánico entre KM1 y KM2.
KM3: 1 contactor 3P+ NC + NA, calibre In motor a GV, tipo LC1-.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor a PV, tipo LR2-.
F32: 1 relé de protección térmica, calibre In motor a GV, tipo LR2-.
• Auxiliares de control:
S1 a S5: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B; cajas de pulsadores, tipo XAL-; cajas de pulsadores colgantes, tipo XAC-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arranque de un motor de 2 velocidades, en conexión Dahlander. Par constante Dahlander

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1: arranque del motor a PV o
Cierre de KM2: acoplamiento en estrella de las bornas PV del motor.
Cierre de KM3: arranque del motor a GV.

- Características:

Q1: calibre In motor máxima.
KM1: calibre In motor a PV.
KM2-KM3: calibre In motor a GV.
Enclavamiento eléctrico y mecánico entre KM1 y KM2.
F1: calibre In motor a PV.
F2: calibre In motor a GV.

Funcionamiento del circuito de control

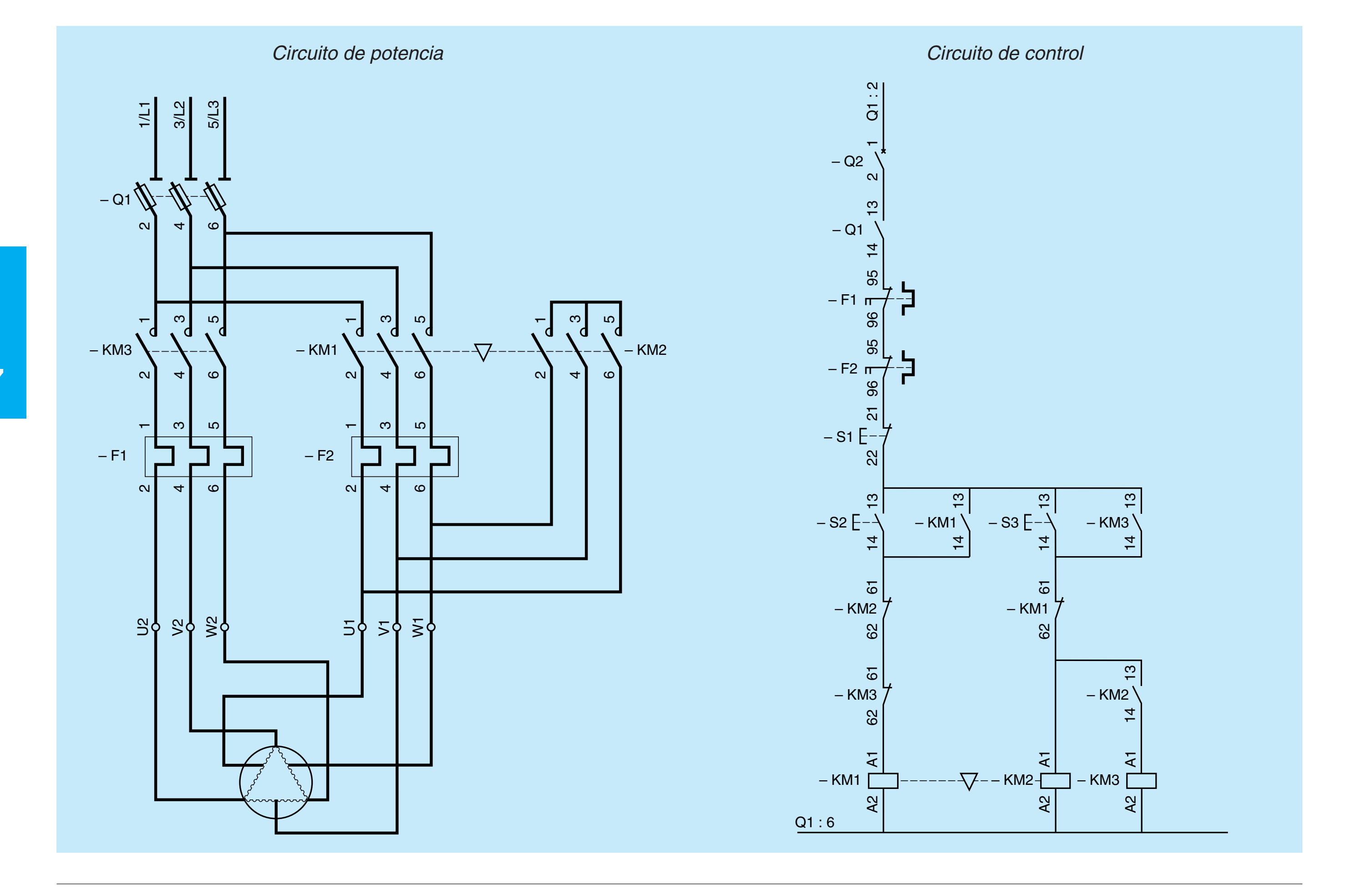
Impulso en S2.
Cierre de KM1.
Enclavamiento de KM2 y KM3 por KM1 (61-62).
Automantenimiento de KM1 (13-14),
o:
Impulso en S3.
Cierre de KM2.
Enclavamiento de KM1 por KM2 (61-62).
Cierre de KM3 por KM2 (13-14).
Enclavamiento de KM1 por KM3 (61-62).
Automantenimiento de KM2 y KM3 por KM3 (13-14).
Parada: impulso en S1.

- Características:

Condenación mecánica y eléctrica entre KM1 y KM2.

Material necesario:

Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar (facultativo), calibre In motor máxima, tipo LS1-, GK1-, GS1.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor máxima.
KM1: 1 contactor 3P + NC + NA, calibre In motor a PV, tipo LC1-.
KM2: 1 contactor 3P + NC + NA calibre In motor a GV, tipo LC1-.
Enclavamiento mecánico entre KM1 y KM2 recomendado.
KM3: 1 contactor 3P + NC + NA, calibre In motor a GV, tipo LC1-.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor a PV, tipo LR2-.
F2: 1 relé de protección térmica, calibre In motor a GV, tipo LR2-.
• Auxiliares de control:
S1 a S3: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B; cajas de pulsadores, tipo XAL-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arrancador rotórico de 3 tiempos

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1: puesta bajo tensión del motor.
Cierre de KM11: cortocircuitado de una parte de la resistencia.
Aceleración.
Cierre de KM12: cortocircuitado total de la resistencia.
Fin del arranque.

- Características:

Q1: calibre In motor.
KM1: calibre In motor.
KM11: número de polos y calibre en función del acoplamiento (tripolar o tetrapolar), de I rotórico del motor en el instante considerado, y del servicio del contactor.
KM12: número de polos y calibre en función del acoplamiento y de I rotórico nominal del motor.
F1: calibre In motor.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en S2. Cierre de KA1.
Cierre de KM1 y alimentación del relé temporizador térmico F2 por KA1 (13-14).
Automantenimiento de KA1 por KM1 (13-14).
Cierre de KM11 por KA1 (67-68).
Cierre de KM12 por KM11 (67-68).
Eliminación de F2 por KM12 (21-22).
Parada: impulso en S1.

- Características:

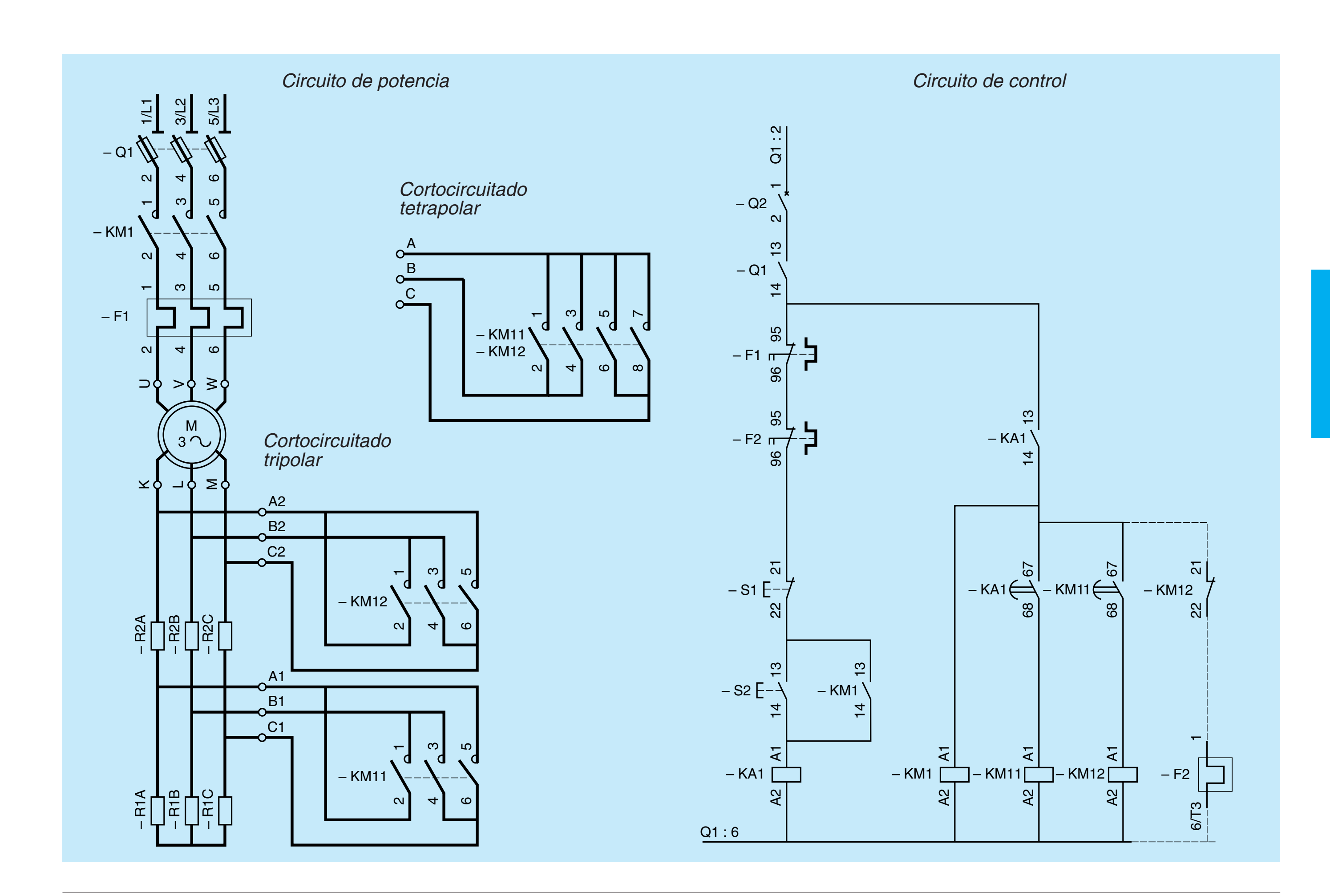
F2: relé temporizador térmico que protege las resistencias contra arranques demasiado frecuentes o incompletos.
Se utilizará el contactor auxiliar con aditivo KA1 cuando no sea posible montar un bloque de contactos temporizados en el contactor KM1.

Material necesario:

Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar (facultativo), calibre In motor, tipo GK1-, GS1.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor.
KM11: contactor 3P + NA, calibre In motor, tipo LC1-.
KA1: 1 contactor auxiliar con aditivo temporizado al accionamiento, tipo CA2-D o CA2-K.
Temporización habitual 3 a 7 s.
KM11: 1 contactor 3 o 4P, tipo LC1- + bloque de contactos temporizados al accionamiento, tipo LA2-Temporización habitual 1 a 3 s.
KM12: 1 contactor 3 o 4P + NC, tipo LC1-D (véase “Características particulares”).
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor, tipo LR2-.
F2: 1 relé temporizador térmico (facultativo), tipo LT2-TK, para protección de la resistencia de arranque. Temporización habitual 2 a 3 arranques consecutivos.
RA-RB-RC: 1 resistencia de arranque. Valor en función de la potencia del motor y de sus características rotóricas. Sección en función de la duración de su puesta bajo tensión.

• Auxiliares de control:
S1-S2: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B; cajas de pulsadores, tipo XAL-.

• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-, de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arrancador-inversor rotórico de 3 tiempos. Control mediante pulsadores

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1 o KM2: elección del sentido de rotación.
Arranque del motor.
Cierre de KM11: cortocircuitado de una parte de la resistencia.
Aceleración.
Cierre de KM12: cortocircuitado total de la resistencia.
Fin del arranque.

- Características:

Q1: calibre In motor.
KM1-KM2: calibre In motor.
KM11: número de polos y calibre en función del acoplamiento (tripolar o tetrapolar), de I rotórico del motor en el instante considerado, y del servicio del contactor.
KM12: número de polos y calibre en función del acoplamiento y de I rotórico nominal del motor.
F1: calibre In motor.

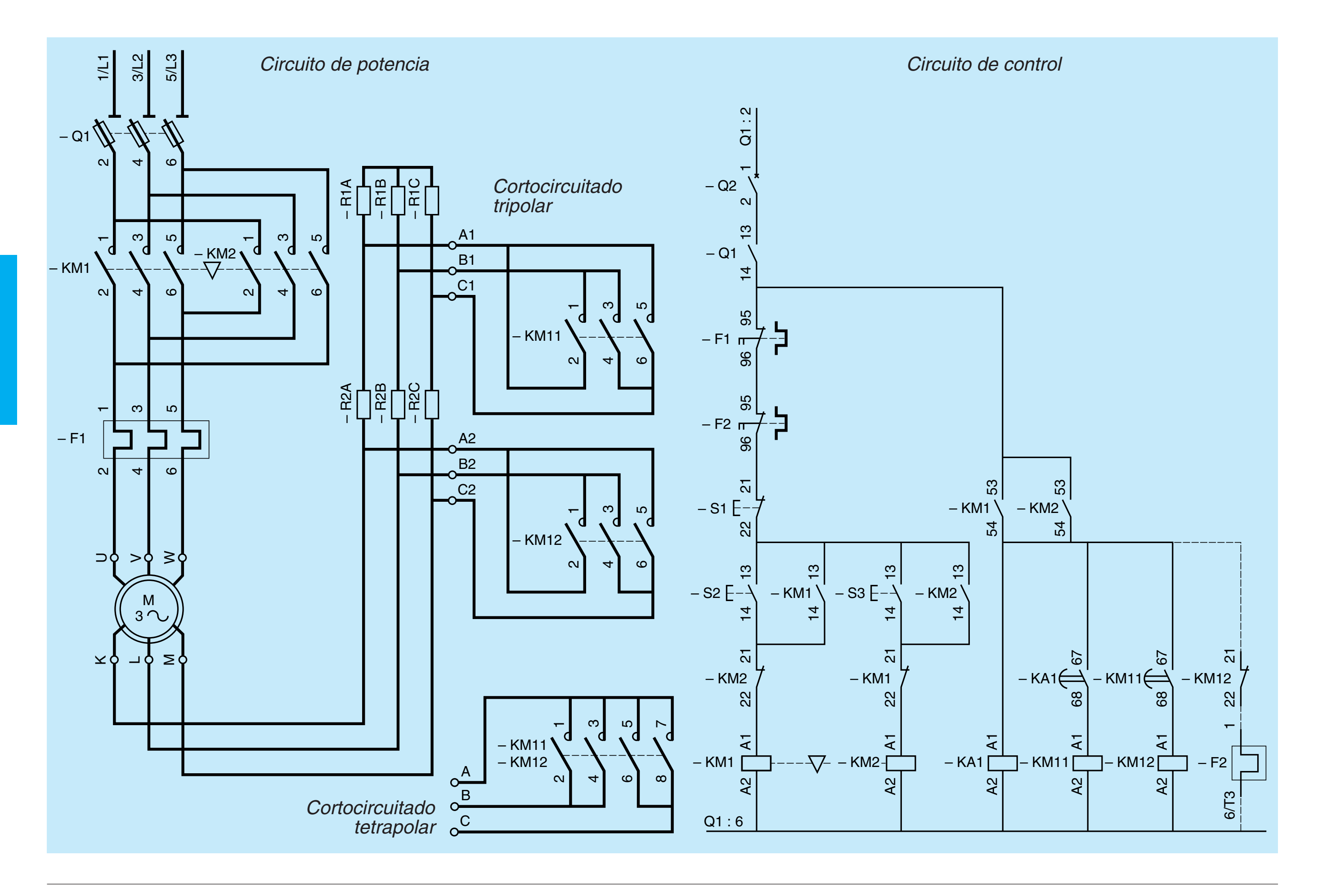
Funcionamiento del circuito de control

Impulso en S2 o S3.
Cierre de KM1 o de KM2.
Enclavamiento de KM2 o KM1 (21-22).
Automantenimiento de KM1 o KM2 (13-14).
Cierre de KA1 por KM1 o KM2 (53-54), y alimentación del relé temporizador térmico F2.
Cierre de KM11 por KA1 (67-68).
Cierre de KM12 por KM11 (67-68).
Eliminación de F2 por KM12 (21-22).
Parada: impulso en S1.

- Características:

Condenación mecánica y eléctrica entre KM1 y KM2.
F2: relé temporizador térmico que protege las resistencias de arranque contra arranques demasiado frecuentes o incompletos.

Material necesario:
Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar (facultativo), calibre In motor, tipo GK1-, GS1.
3 cartuchos de fusibles, calibre In motor.
KM1-KM2: 1 función pre ensamblada que incluye 2 contactores 3P + NC + 2NA, enclavados mecánicamente, calibre In motor, tipo LC2-, o 2 contactores, tipo LC1, enclavados mecánicamente.
KM11: 1 contactor 3 o 4P, tipo LC1- + bloque de contactos temporizados al accionamiento, tipo LA2-. Temporización habitual 1 a 3 s (véase “Características particulares”).
KM12: 1 contactor 3 o 4P + NC, tipo LC1- (véase “Características particulares”).
KA1: 1 contactor auxiliar con aditivo temporizado al accionamiento, tipo CA2-D o CA2-K. Temporización habitual 3 a 7 s.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1: 1 relé de protección térmica, calibre In motor, tipo LR2-.
F2: 1 relé temporizador térmico (facultativo), tipo LT2-TK, para proteger la resistencia de arranque. Temporización habitual: 2 a 3 arranques consecutivos.
RA-RB-RC: 1 resistencia de arranque. Valor en función de la potencia y de las características rotóricas del motor. Sección en función de la duración de su puesta bajo tensión.
• Auxiliares de control:
S1 a S3 : unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B; cajas de pulsadores, tipo XAL-; cajas de pulsadores colgantes, tipo XAC-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arrancador-inversor rotórico de 3 tiempos. Control por combinador

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1. Cierre de KM1 o KM2: elección del sentido de rotación. Arranque del motor.
Cierre de KM11: cortocircuitado de una parte de la resistencia. Aceleración. Cierre de KM12: cortocircuitado total de la resistencia. Fin del arranque.

- Características:

Q1: calibre In motor.
KM1-KM2: calibre en función de In motor, de la clase de arranque y del factor de marcha (véase subcapítulo “Elección de un contactor”, página 52).
KM11-KM12: número de polos y calibre en función del acoplamiento (tripolar o tetrapolar), de I rotórico del motor de la clase de arranque y del factor de marcha, (véase subcapítulo “Elección de un contactor”, página 52).
F1-F2: calibre In motor. Reglaje In× punta máxima de la corriente de arranque.

Funcionamiento del circuito de control

- Combinador S3 a cero (contacto S31 cerrado): impulso en S2.

Cierre de KA1. Automantenimiento de KA1 (13-14).
Cierre de KA1 (23-24): preparación del funcionamiento.

- Combinador S3 en 1 GV o 1 AR: apertura del contacto S31.

Cierre del contacto S32 o S33. Cierre de KM1 o de KM2.
Enclavamiento de KM2 o KM1 (21-22).
Cierre de KA2 por KM1 o KM2 (13-14).

- Combinador S3 en 2 GV o 2 AR: cierre del contacto S34.

Cierre de KM11 por KA2 (67-68).

- Combinador S3 en 3AV o 3AR.

Cierre del contacto S35. Cierre de KM12 por KM11 (67-68).

- Parada del movimiento: por puesta a cero del combinador S3; KA1 permanece cerrado. Por impulso en S1: parada por apertura de KA1.

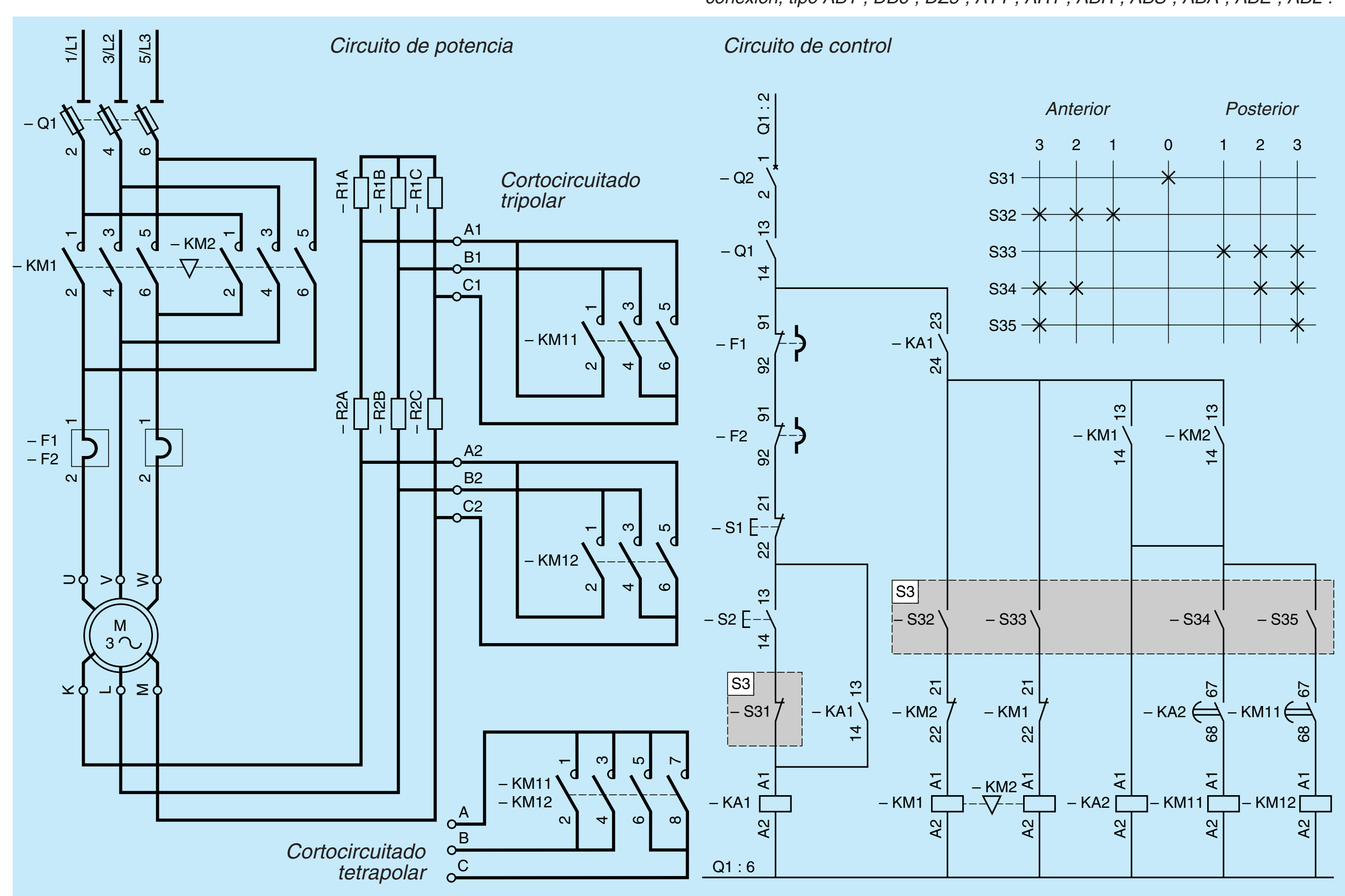
Obligación de poner el combinador a cero y de dar un impulso en S2 para ordenar otro arranque.

- Características:

Condenación mecánica y eléctrica entre KM1 y KM2.

Material necesario:

Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar (facultativo), calibre In motor tipo GK1-, GS1. 3 cartuchos de fusibles, calibre In motor.
KM1-KM2: 1 función pre ensamblada sin cablear, que incluye 2 contactores 3P + NC + NA enclavados mecánicamente, tipo LC2-, o 2 contactores, tipo LC1- enclavados mecánicamente. Características: Véase “Características particulares”.
KM11: 1 contactor 3 o 4P, tipo LC1- + bloque de contactos temporizados al accionamiento, tipo LA1-. Temporización habitual: 1 a 3 s (véase “Características particulares”).
KM12: 1 contactor 3 o 4P, tipo LC1-. Características: véase “Características particulares”.
KA1: 1 contactor auxiliar tipo CA2-D o CA2-K.
KA2: 1 contactor auxiliar con aditivo temporizado al accionamiento, tipo CA2-D o CA2-K Temporización habitual: 3 a 7 s.
Q2: 1 disyuntor de control, tipo GB2.
F1-F2: 2 relés de protección electromagnéticas, tipo RM1-XA, sin retención.
RA-RB-RC: 1 resistencia de arranque. Valor en función de la potencia y de las características rotóricas del motor. Sección en función del número de maniobras horarias y de la cadencia de funcionamiento.
• Auxiliares de control:
S1-S2: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B, cajas de pulsadores, tipo XAL-.
S3: 1 combinador tipo XKB-, XKD-, XKM-.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AF1-; de cableado, tipo AK2-; de conexión, tipo AB1-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Arrancador Altistart: 1 sentido de marcha, parada libre

Control por disyuntor-motor

El disyuntor-motor sólo realiza el control local.

Controles

- Activación y rearme por acción en el pulsador de marcha del disyuntor-motor.
- Disparo manual por acción en el pulsador de parada del disyuntor-motor o del automático cuando actúa el magnetotérmico.
- Señalización por diodos electroluminiscentes en el Altistart: motorización, regímenes transitorios, prealarma, defecto.

Protecciones garantizadas

- Contra cortocircuitos, por el magnético del disyuntor-motor. El poder de corte dependerá de la elección del disyuntor.
- Contra sobrecargas, bien por el térmico del disyuntor-motor, bien por el control electrónico de sobrecarga del Altistart.
- Contra funcionamiento monofásico.

En caso de cortocircuito o de sobrecarga, el Altistart se enclava. Al desaparecer el defecto, si no se desea rearrancar, es necesario poner el Altistart en posición de rearme manual. De lo contrario, elegir la posición Auto.

Material necesario:
– Q1: 1 disyuntor-motor GV2 o GV3 .
– A1: 1 Altistart adaptado a la potencia del motor.

Control por contactor de línea

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre manual de Q1.
Cierre de KM1. KM1 pone el Altistart bajo tensión y un contacto auxiliar da la orden de marcha, por lo que el contactor no se activa a corriente elevada sino a corriente nula.

Controles

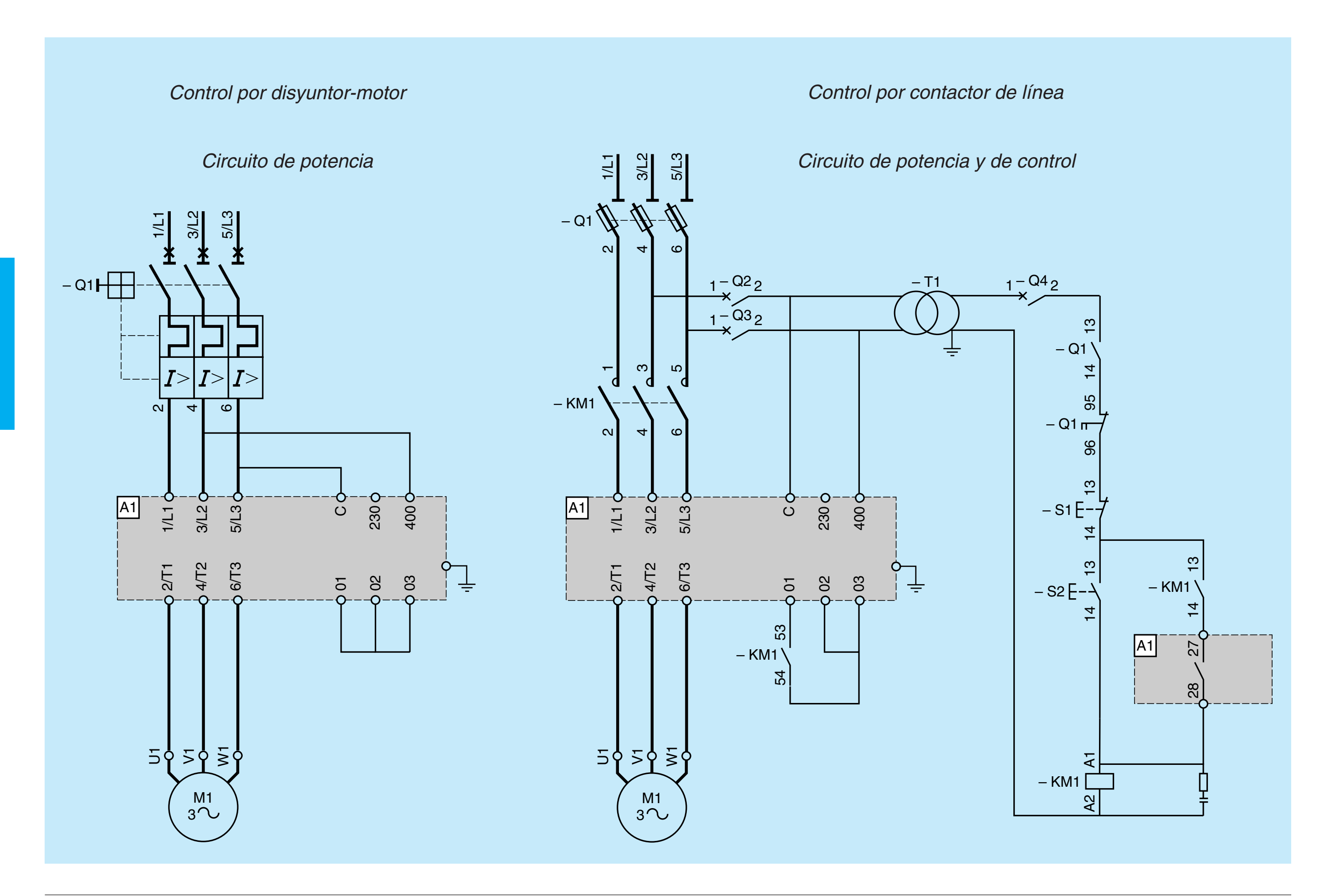
- Activación por acción en el pulsador de marcha S2.
- Disparo manual mediante pulsador de parada S1 o automático, mediante el contacto 27-28 del relé de defecto A1.
- Señalización por diodos electroluminescentes en el Altistart: motorización, regímenes transitorios, prealarma, defecto

Protecciones garantizadas

- Contra cortocircuitos, por los fusibles de Q1.
- Contra sobrecargas por el control electrónico del Altistart. Este control enclava el Altistart y provoca la caída del relé de defecto.
- Contra funcionamiento monofásico.

En caso de cortocircuito o de sobrecarga, el Altistart se enclava. Al desaparecer el defecto, si no se desea rearrancar, es necesario poner el Altistart en posición de rearme manual. De lo contrario, elegir la posición Auto.

Material necesario:
– Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar, calibre In motor, tipo GK1-, GS1.
– KM1: 1 contactor, calibre In motor, tipo LC1 o LC2.
– A1: 1 Altistart adaptado a la potencia del motor.
– S1-S2: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B.
– Q2, Q3, Q4: disyuntores de control, tipo GB2.



Arrancador Altistart: 1 sentido de marcha, frenado, cortocircuitado al final del arranque

Funcionamiento del circuito de potencia

- Cierre manual de Q1.
- Cierre del contactor de línea KM1. El Altistart arranca el motor.
- Al final del arranque, KM4 cortocircuita el Altistart.
- Para parada manual, corte de KM4.

Después, existen 3 posibilidades:
– selección de parada libre: parada del motor y apertura del contactor KM1,
– selección de parada frenada: cierre del contactor KM3. A la parada, caída de los contactores de frenado KM3, y luego de los de línea KM1,
– selección de la función de deceleración: deceleración del motor. Al final de la deceleración, caída del contactor de línea KM1.

- Disparo en caso de defecto, por el contacto 27-28 del Altistart.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en S2. Cierre de KA1.
KA1 cierra KM1.
Automantenimiento de KA1 por KM1 y KA1.
Al final del arranque, cierre de KM4 por 43-44 del Altistart.
Impulso en S3. Corte de KA1.
Caída de KM4.
Después, pueden presentarse tres casos:
– selección de parada libre: caída de KM1 por la temporización de KA1,
– selección de parada frenada: subida de KM3, seguida de inyección de corriente continua. Al final del frenado, caída de KM3 y KM1,
– selección de parada decelerada: deceleración siguiendo la rampa regulada. Caída de KM1 al final de la deceleración.

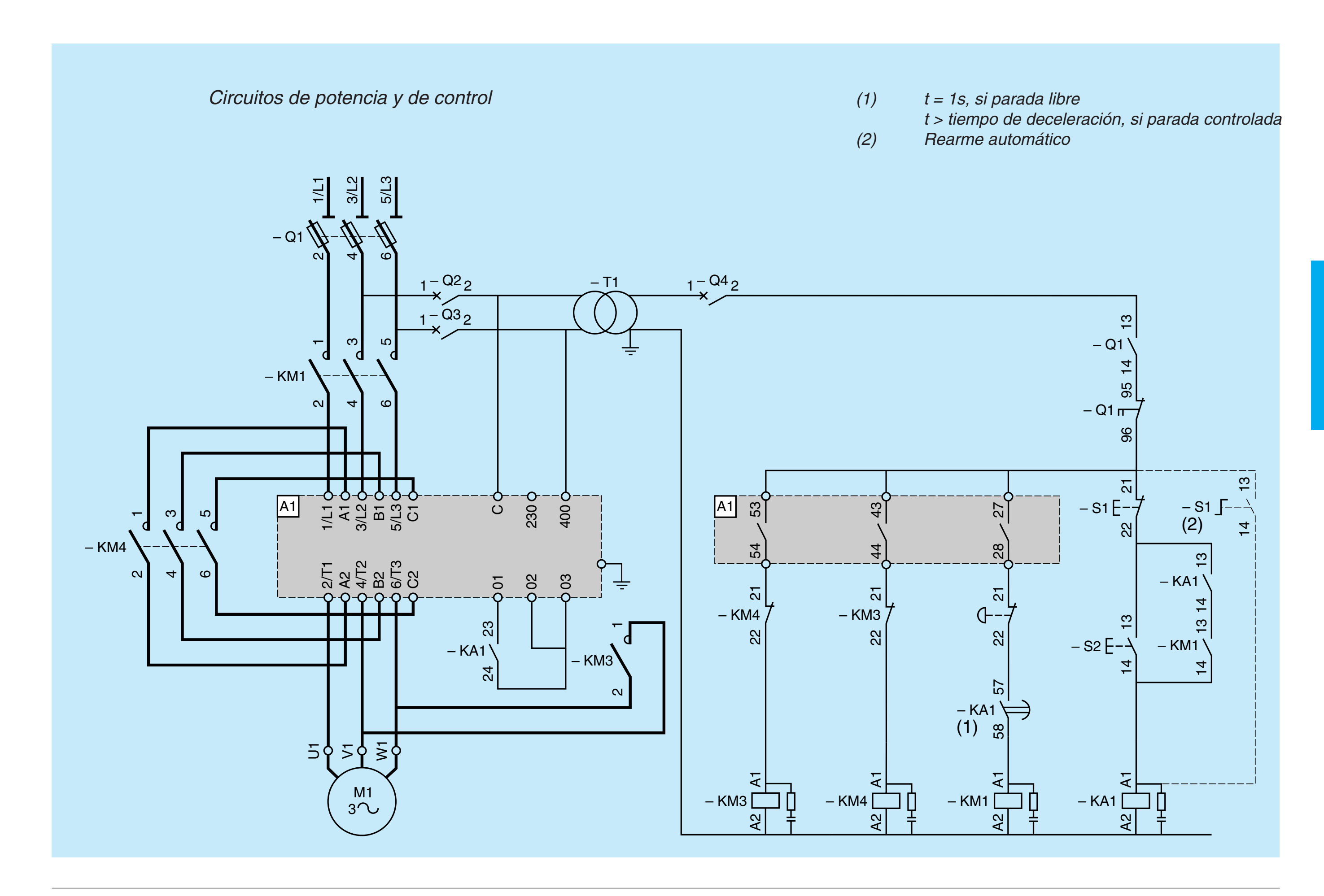
- Señalización por diodos electroluminiscentes en el Altistart: motorización, regímenes transitorios, prealarma, defecto.

Protecciones garantizadas

- Contra cortocircuitos, por los fusibles de Q1.
- Contra sobrecargas con prealarma por el Altistart.
- Contra funcionamiento monofásico por el relé de defecto del Altistart, cuando el Altistart no está cortocircuitado.
- Contra inversión de fases de entrada.

Material necesario:

– Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar, calibre In motor, tipo GK1-, GS1.
– KM1: 1 contactor de línea, calibre In motor, tipo LC1 o LC2.
– KM3: 1 contactor de frenado, de tipo LC1.
– KM4: 1 contactor de cortocircuitado del Altistart de tipo LC1.
– Q2, Q3, Q4: disyuntores de control de tipo GB2.
– T1: transformador de control.
– KA1: 1 contactor auxiliar de relevo del orden de marcha, de tipo CA2-D o CA2-K.
– A1: 1 Altistart adaptado a la potencia del motor.
• Auxiliares de control:
S1-S2: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B; cajas de pulsadores, tipo XAL-
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Circuitos de potencia y de control

Arrancador Altistart: arranque en cascada de varios motores, parada libre

Puede utilizarse un solo Altistart para arrancar sucesivamente varios motores, siempre que la potencia de cada motor sea compatible con el calibre del arrancador. En tal caso, debe protegerse cada motor con un relé térmico y seleccionar parada libre.

Funcionamiento del circuito de potencia

- Cierre manual de Q1, Q11, Q21...Qn1.
- Cierre del contactor de línea KM1.
- Cierre del contactor KM11. Arranque del motor M1.
- Cierre de KM12. Apertura de KM11. Cierre de KM21. Arranque del motor M2.
- Cierre de KM22. Apertura de KM21. Cierre de KMn1. Arranque del motor Mn.
- Cierre de KMn2. Apertura de KMn1.

Tras una orden de parada, o en caso de defecto, corte de KM1 y de todos los contactores.

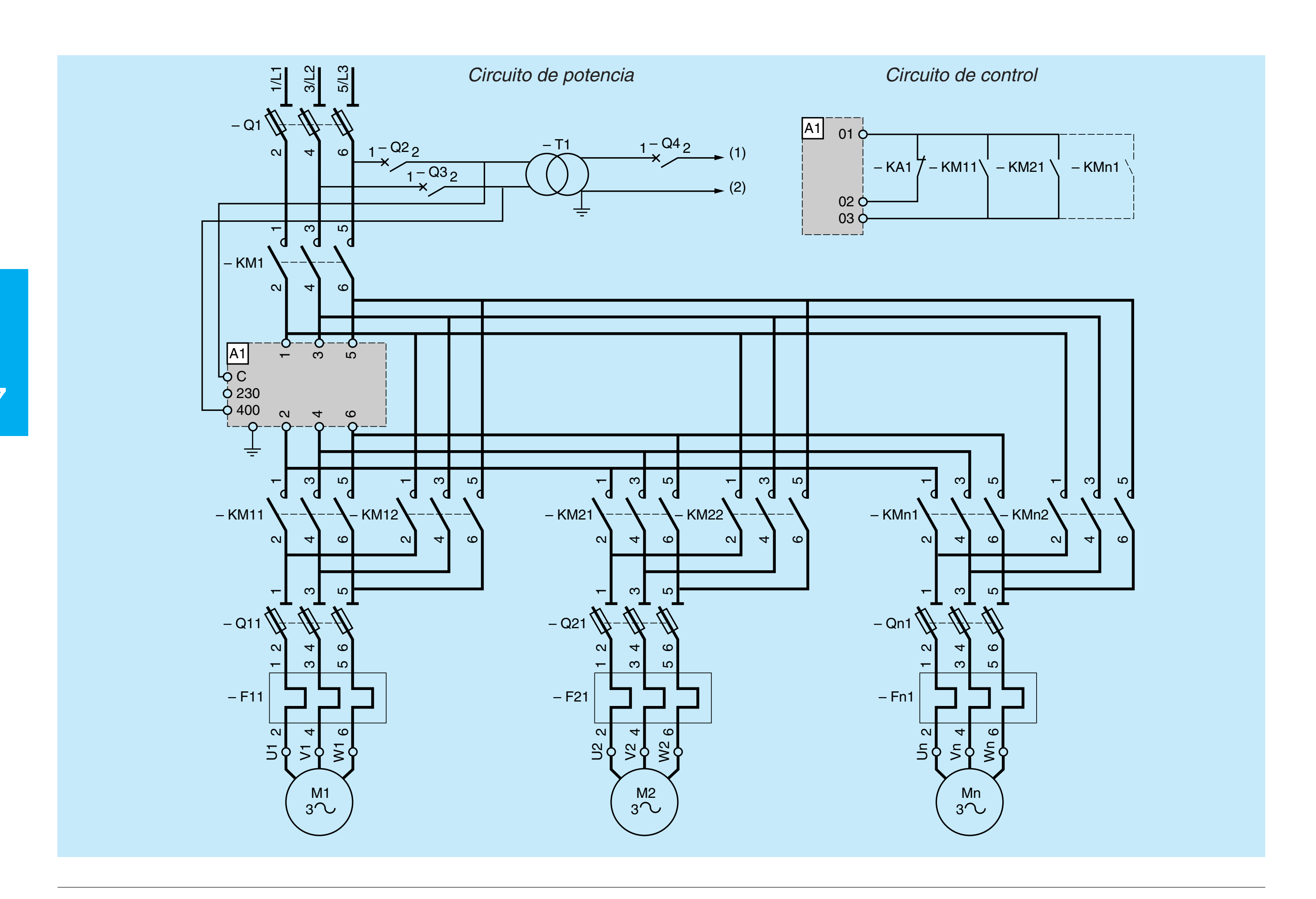
Funcionamiento del circuito de control

Impulso en S2. Cierre de KM1.
KM1 provoca la alimentación de KM11 y el motor M1 arranca.
Al final del arranque, 43-44 del Altistart ordena el cierre de KA1.
KA1 hace subir KM12 que cortocircuita el Altistart y corta KM11.
Una temporización de KM12 hace subir KM21. El motor M2 arranca.
Al final del arranque, KA1 se activa mediante 43-44 del Altistart.
KA1 hace subir KM22, que cortocircuita el Altistart.
KM22 corta KM21, que pone el Altistart fuera de servicio. Una temporización de KM22 hace subir KMn1 y el motor Mn arranca.
Al final del arranque, KA1 se activa mediante 43-44 del Altistart.
KA1 hace subir KMn1,que pone el Altistart fuera de servicio
Impulso en el pulsador de parada S1. Corte de KM1.
El contacto auxiliar de KM1 corta KM12, KM22...KMn.

- Señalización por diodos electroluminiscentes en el Altistart: motorización, regímenes transitorios, prealarma, defecto.

Protecciones garantizadas

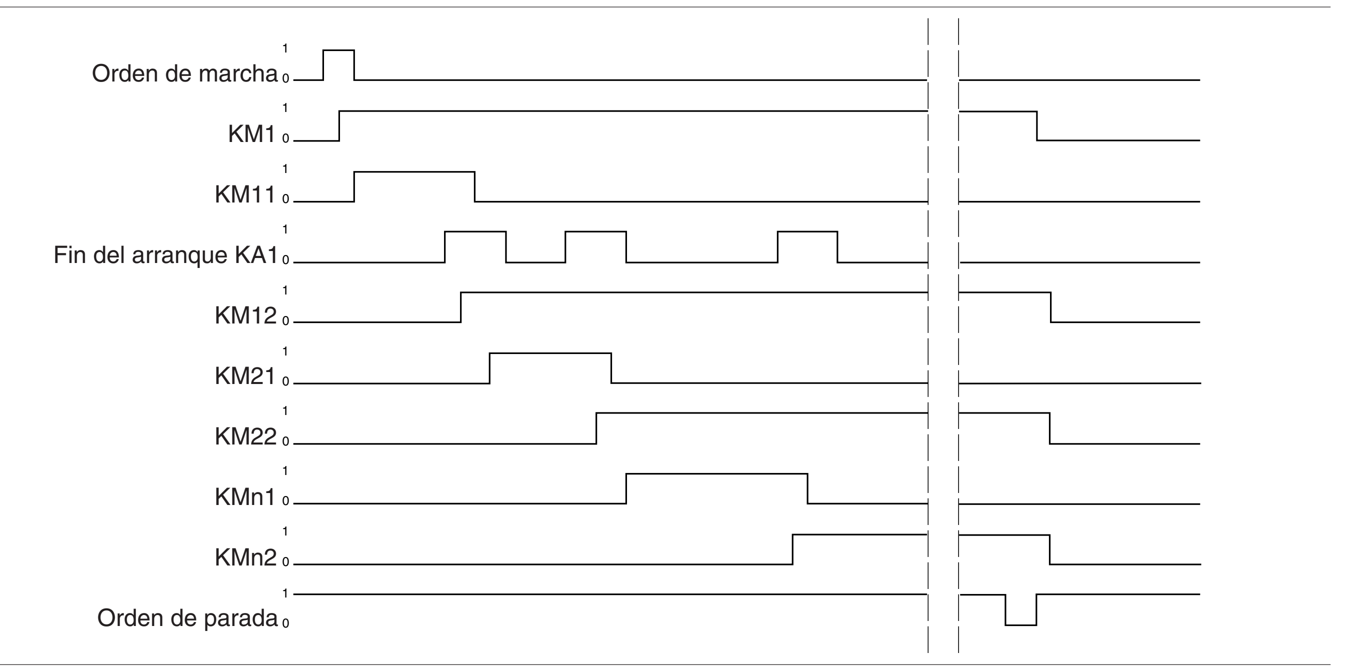
- Contra cortocircuitos:
  – por los fusibles de Q11 en el motor M1,
  – por los fusibles de Q21 en el motor M2,
  – por los fusibles de Qn1 en el motor Mn.
- Contra sobrecargas:
  – por el relé térmico F11 en el motor M1,
  – por el relé térmico F21 en el motor M2,
  – por el relé térmico Fn1 en el motor Mn,
- Contra funcionamiento monofásico por el relé de defecto del Altistart, cuando el Altistart no está cortocircuitado.

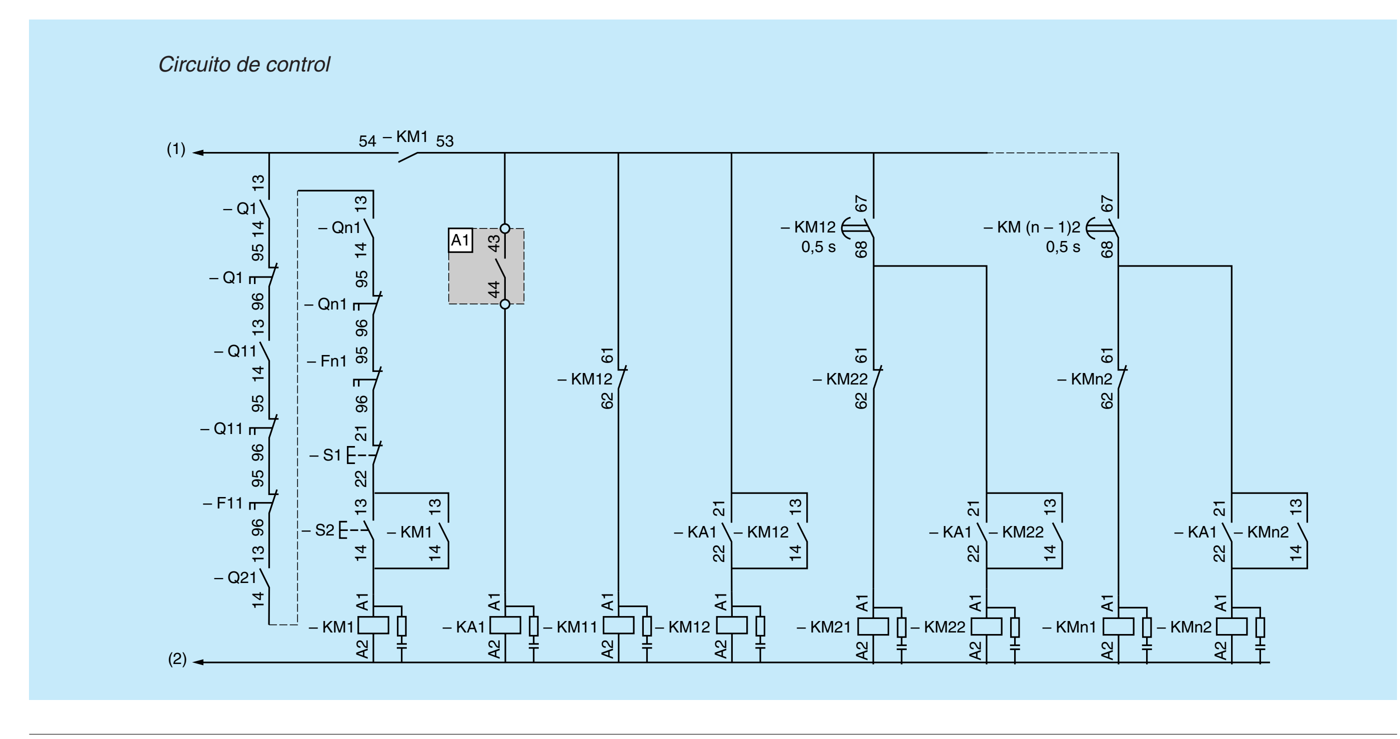


Arrancador Altistart: arranque en cascada de varios motores, parada libre

Material necesario:
– Q1, Q11, Q21, Qn1: seccionadores portafusibles tripolares, calibre In motor, tipo GK1-, DK1-.
– KM1: 1 contactor de línea, calibrado para la suma de las potencias, tipo LC1 o LC2.
– KM11-KM12: 2 contactores In motor M1, tipo LC1 o LC2.
– KM21-KM22: 2 contactores In motor M2, tipo LC1 o LC2.
– KMn1-KMn2: 2 contactores In motor Mn, tipo LC1 o LC2.
– Q2, Q3, Q4: disyuntores de control de tipo GB2.
– T1: transformador de control.
– KA1: 1 contactor auxiliar de fin de arranque de tipo CA2-D o CA2-K.
– A1: 1 Altistart adaptado a la potencia del motor más potente y sobreclasificado si debe arrancarse un número importante de motores.
– S1-S2: unidades de control tipo XB2-B, XA2-B, Domino 22.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo AC3-, AC4-, ACM-, AA2-, AA3-
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Diagrama secuencial





Convertidor de frecuencia Altivar 18: 2 sentidos de marcha, automático

Funcionamiento del circuito de potencia

- Cierre manual de Q1.
- Cierre del contactor de línea KM1.

La alimentación sólo puede ser monofásica o trifásica.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en S1. Cierre de KM1 que se automantiene.
Cierre de FW para que el motor gire en un sentido o RV para que gire en sentido opuesto (control mediante pulsador, contacto auxiliar, salida de autómata programable).
Reglaje de la velocidad por señal analógica en tensión 0-10 V o por potenciómetro en la borna AI1, o por señal analógica en corriente 0-20 mA o 4-20 mA en la borna AIC.
Las bornas SA-SB-SC señalan el estado del variador.
Parada normal por apertura de L1 o L2.
Parada completa por acción en el pulsador de parada S2 que corta el contactor KM1.

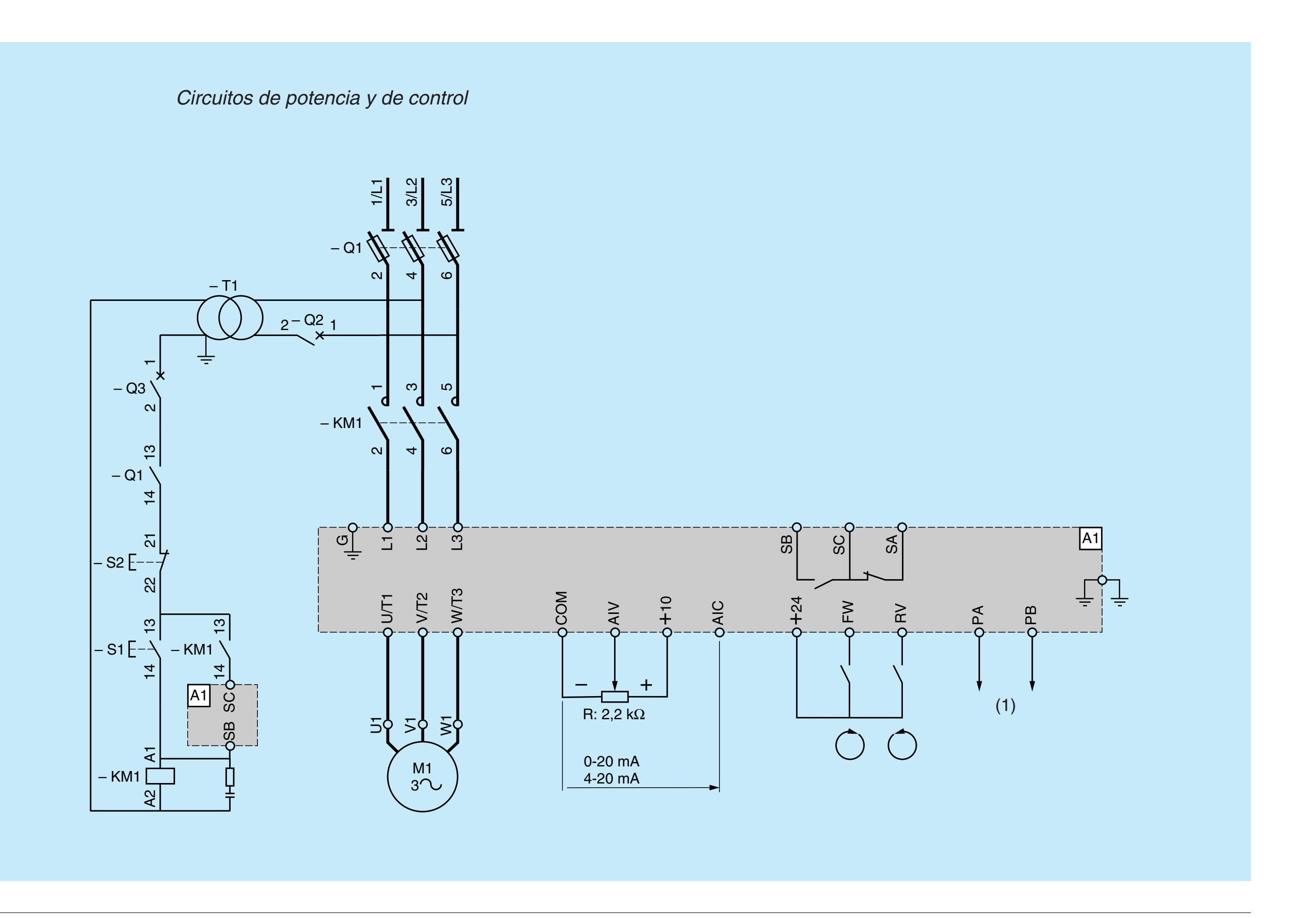
Protecciones garantizadas

- Contra cortocircuitos por los fusibles de Q1.
- Contra sobrecargas por el Altivar.
- Contra subtensiones y sobretensiones por el Altivar.

Material necesario:

– Q1: 1 seccionador portafusibles tripolar, calibre I eficaz variador, tipo GK1-, GS1.
– KM1: 1 contactor de línea, calibre I eficaz variador, tipo LC1 o LC2.
– A1: 1 Altivar 16 adaptado a la potencia del motor.
– Q2, Q3: disyuntores de control de tipo GB2.
– T1: 1 transformador de control.
– S1-S2: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B, Domino 22.
– Contactos FW y RV: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B; contacto auxiliar de contactor, tipo LC1, o de contactor auxiliar, tipo CA2-D o CA2-K; salida de autómata…
– PA-PB: conexión de la resistencia de frenado, si es preciso (1)
– 1 potenciómetro 2,2 kΩ, o una señal analógica.
Puede ser conveniente colocar filtros o inductancias a la entrada y a la salida del Altivar, para protegerse de las perturbaciones emitidas por el Altivar.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Circuitos de potencia y de control



Convertidor de frecuencia Altivar 66: 2 sentidos de marcha

Funcionamiento del circuito de potencia

- Cierre manual de Q1.

Funcionamiento del circuito de control

Impulso en S1. Cierre de KM1 que se automantiene, si el variador Altivar está listo para arrancar, mediante las bornas R1A-R1C.
Cierre de LI2 para que el motor gire en un sentido o LI3 para que gire en sentido opuesto.
Reglaje de la velocidad por señal analógica en tensión 0-10 V o por potenciómetro en la borna AI1, o por señal analógica en corriente 0-20 mA o 4-20 mA en la borna AI2, al ser común la borna COM.
Parada normal por apertura de LI2 o LI3.
Parada completa por acción en el pulsador de parada S4.
Control por impulsos mediante S1.
En caso de corte por RIA-RIC, la alimentación de CL1-CL2 a la entrada del variador permite visualizar la causa del disparo en el variador.
LO1-LO2-LO3-LO4 son salidas lógicas asignables para información.
R1A-R1B-R1C son salidas relé de defecto del variador.
R2A-R2B-R2C son salidas relé asignables.

- Señalización por visualizador.

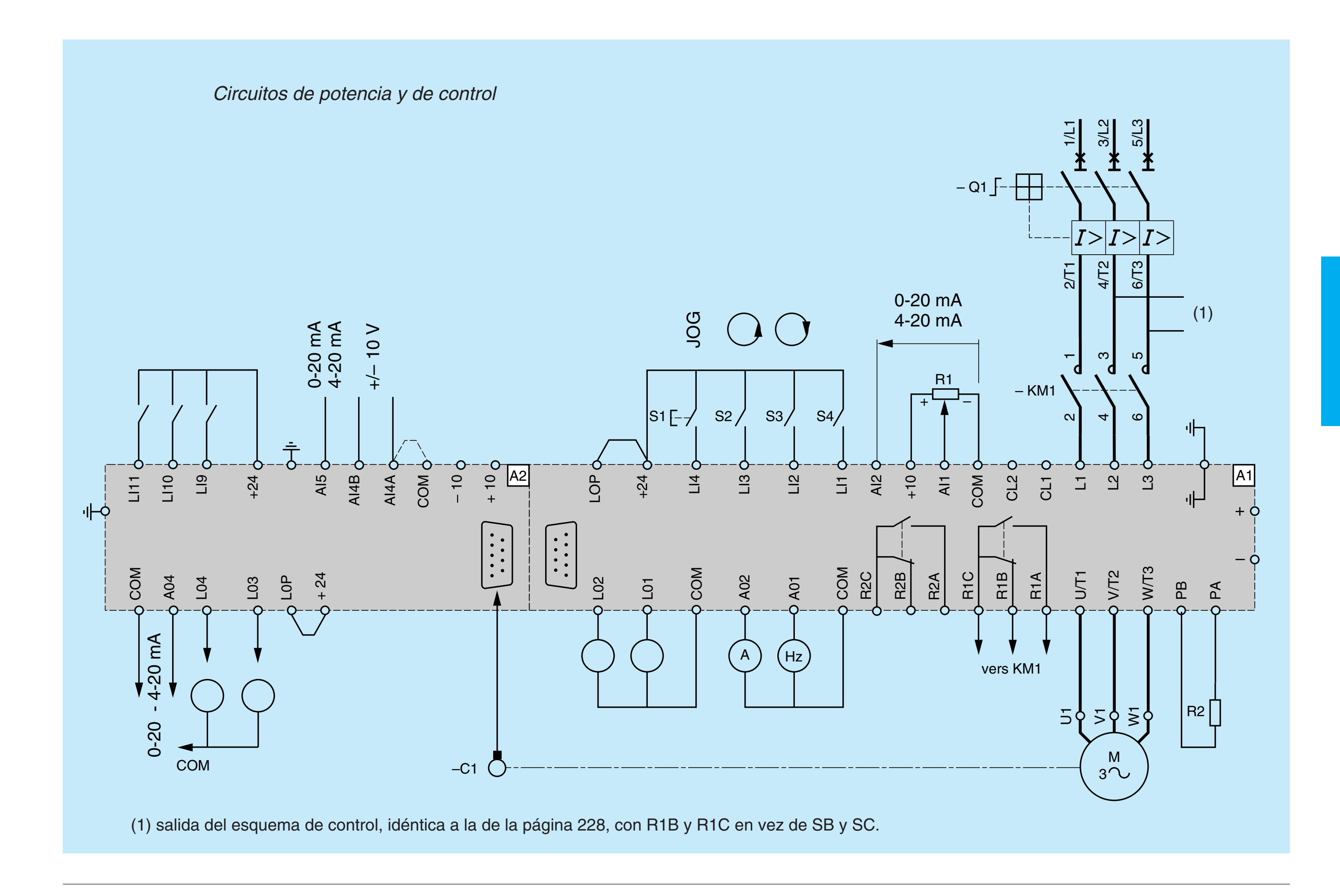
Protecciones garantizadas

- Contra cortocircuitos por el disyuntor Q1.
- A la entrada del Altivar, la protección contra cortocircuitos está garantizada por el Altivar, que también protege contra sobrecargas, subtensiones y sobretensiones, y contra el desequilibrio y la ausencia de fases.

Material necesario:

– Q1: 1 disyuntor tipo GV2-, calibre I eficaz variador.
– A1: 1 Altivar 66 adaptado a la potencia del motor.
– A2: 1 tarjeta de control vectorial de flujos, tipo VW3 A66 203 (opcional).
– C1: Codificador (opcional si hay control vectorial de flujos).
– S1-S2-S3-S4: unidades de control, tipo XB2-B, XA2-B.
– R2: Resistencia de frenado.
– 1 potenciómetro 2,2 kΩ, o una señal analógica.
Puede ser conveniente colocar filtros o inductancias a la entrada y a la salida del Altivar, para protegerse de las perturbaciones emitidas por el Altivar.
• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.

Circuitos de potencia y de control



(1) salida del esquema de control, idéntica a la de la página 228, con R1B y R1C en vez de SB y SC.

Inversor de redes

Con paso automático de "Normal" a "Reemplazar" y a la inversa

Funcionamiento del circuito de potencia

Cierre de KM1 (Normal).
Si se produce un fallo de la red "Normal": apertura de KM1.
Cierre inmediato de KM2.

- Características:

KM1-KM2: el calibre depende de la potencia de los receptores.
En monofásico, posibilidad de poner los polos en paralelo, dos a dos. En tal caso, aplicar a Inth del contactor un coeficiente de aumento de 1,6 en vez de 2.
Enclavamiento mecánico entre KM1 y KM2.
Si existen dos circuitos "Utilización", eliminar las conexiones que unen los polos de los contactores KM1 y KM2.

Funcionamiento del circuito de control

En presencia de red "Normal": cierre de KA1.
Cierre de KM1 por KA1 (67-68). Temporización: 1 segundo, aproximadamente.
Si se produce un fallo de la red "Normal": apertura de KM1.
Cierre de KM2 por KA1 (41-42) y KM1 (61-62).

- Características:

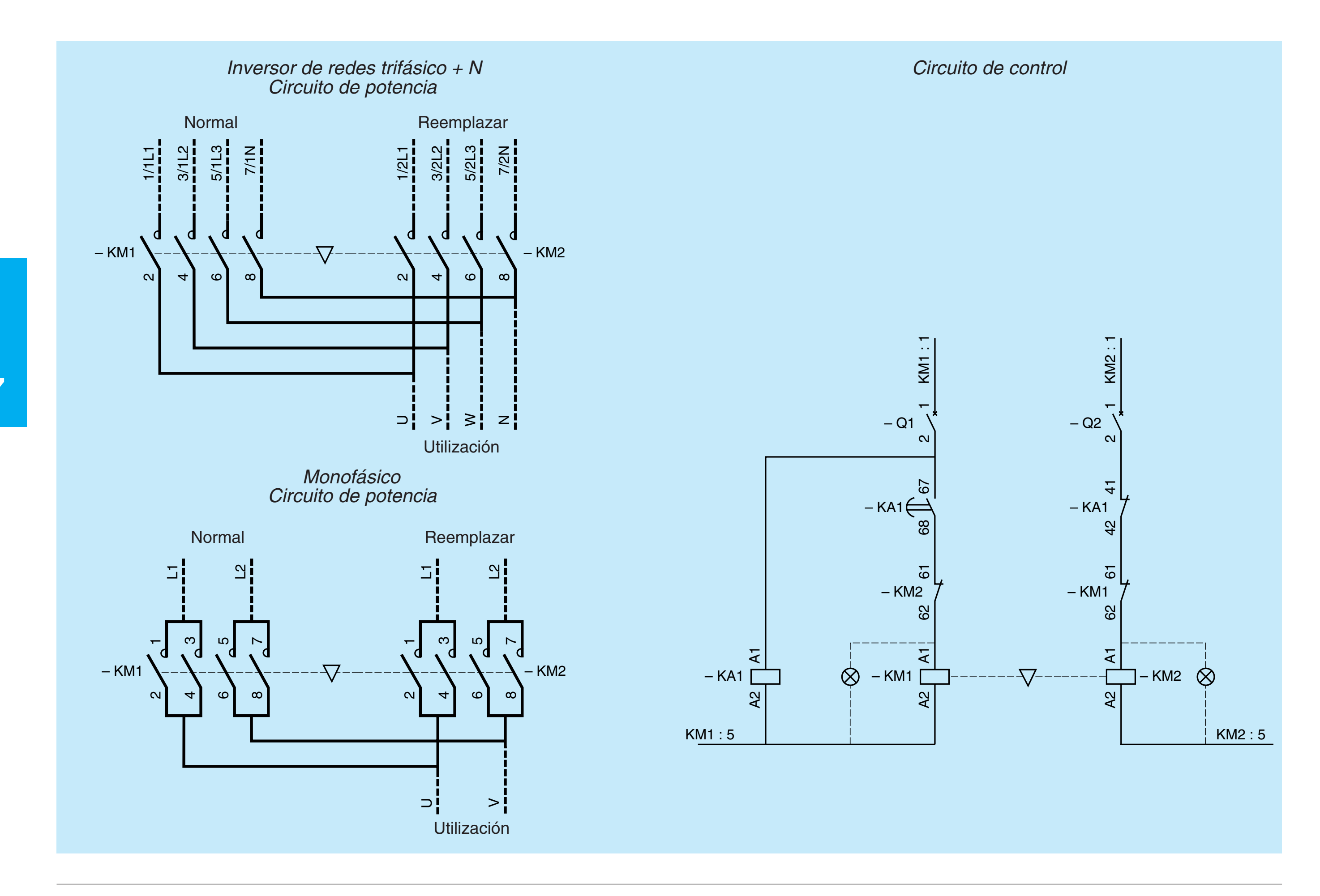
Enclavamiento eléctrico entre KM1 y KM2.
Tras un fallo de la red "Normal", al encontrarse presentes las dos redes cuando vuelve aquélla, KA1 (67-68) temporiza el cierre del contactor KM1.

Material necesario:

KM1-KM2: 2 contactores tetrapolares calibre Inth, tipo LC1-, + 1 aditivo con contacto NC, tipo LA1-.
En monofásico, 2 contactores tetrapolares, calibre Inth: 1,6 tipo LC1-, 1 condenación mecánica, tipo LA9-.
KA1-: 1 contactor auxiliar con aditivo temporizado al accionamiento, tipo CA2-D.
Q1-Q2: disyuntores de control, tipo GB2.

• Auxiliares de control:
– Unidades de señalización, tipo XB2-B, XA2-B.

• Auxiliares de equipos:
– envolventes, tipo ACM…
– repartidores de potencia, tipo AK2-, AK3-, AK5-
– auxiliares de montaje, tipo DZ6-, AM1-, AM3-, AF1-
– auxiliares de cableado, tipo AK2-
– auxiliares de conexión, tipo AB1-, AB3-, DB6-, DZ5-, AT1-, AR1-, ABR-, ABS-, ABA-, ABE-, ABL-.



Medida de la corriente

Amperímetro directo

El amperímetro, conectado en serie a una de las fases del receptor, indica la intensidad de la corriente absorbida.
En circuitos trifásicos equilibrados, es suficiente un sólo aparato de medida.
El esquema puede utilizarse en corriente alterna y en continua.

Material necesario:
– en corriente alterna:
amperímetro ferromagnético.
– en corriente continua:
amperímetro magnetoeléctrico.

Nota:
La escala de lectura debe elegirse en función de las características del receptor.

Amperímetro en shunt

El amperímetro está conectado a las bornas de un shunt, por el que, a su vez, pasa la corriente que debe controlarse.
Sólo se puede utilizar en corriente continua.

Material necesario:
1 shunt cuyas características dependerán de la corriente nominal y del amperímetro.
1 amperímetro magnetoeléctrico adaptado al shunt y a las características del receptor.

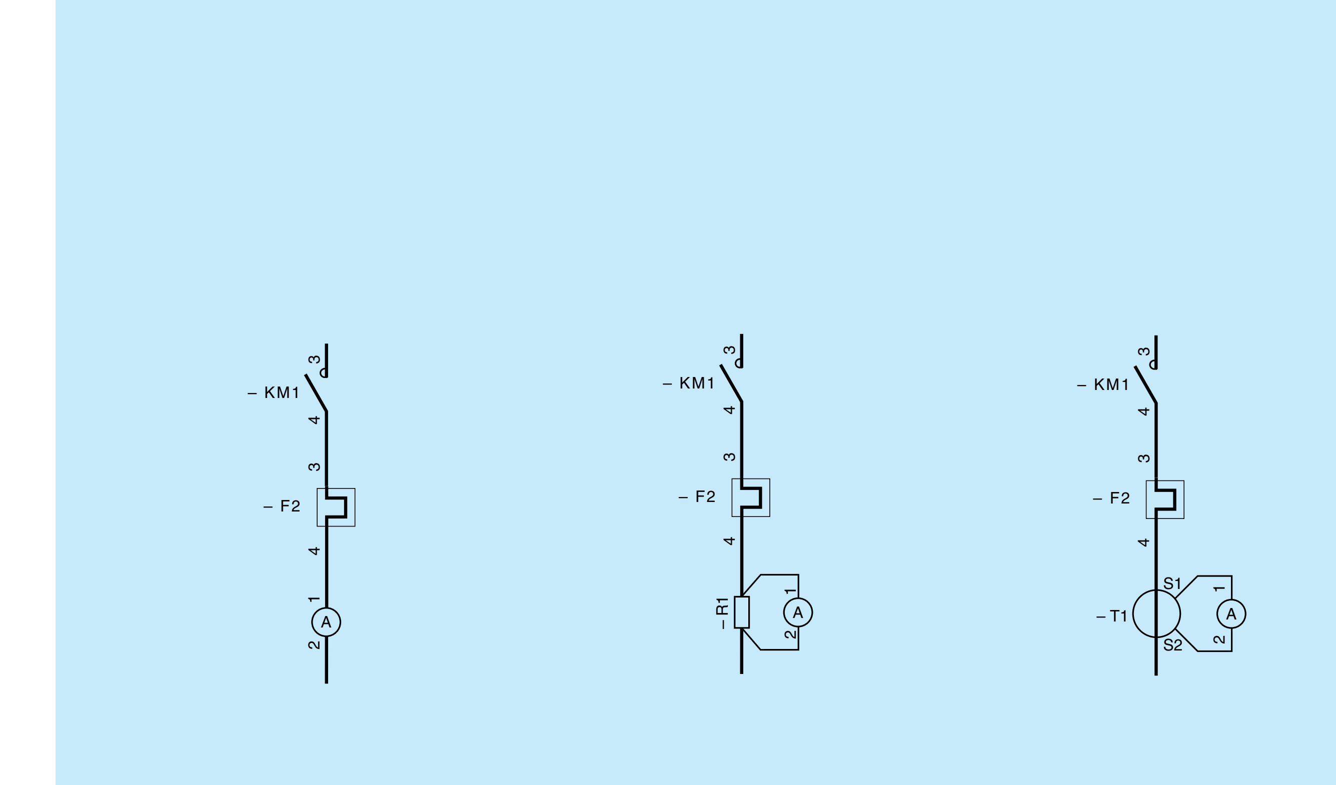
Amperímetro en el transformador de corriente – Red equilibrada

El aparato se conecta entre las bornas secundarias de un transformador de corriente cuyo primario está conectado en serie a una de las fases del receptor.
Al igual que en el caso anterior, en un circuito trifásico equilibrado, un sólo aparato resulta suficiente.
Este dispositivo sólo puede utilizarse en corriente alterna.

Importante:
El secundario del transformador de corriente siempre debe estar conectado; a falta de amperímetro, puentear las dos salidas.

Material necesario:
1 transformador de corriente cuyo primario esté adaptado a la corriente absorbida por el receptor y cuyo secundario dependerá de las características del amperímetro.
1 amperímetro ferromagnético con escala de lectura en función de las características del receptor.

Nota:
Si la distancia entre los dos aparatos es superior a 4 metros, con el fin de evitar posibles caídas de tensión y errores de lectura, se recomienda elegir un transformador de secundario 1 A.



Medida de la corriente, de la tensión y de la frecuencia

Amperímetro con conmutador de fases – Red desequilibrada

A través de un conmutador, el amperímetro se conecta sucesivamente a cada fase y controla la corriente que la atraviesa.
Utilización en redes susceptibles de desequilibrio.

Funcionamiento

En cada posición del conmutador S3:
– el amperímetro se conecta a un transformador de corriente,
– los otros dos transformadores de corriente quedan cortocircuitados.

Material necesario:
3 transformadores de corriente cuyo primario esté adaptado a la corriente nominal y cuyo secundario dependerá de las características del amperímetro.
1 amperímetro ferromagnético con escala de lectura en función de las características del receptor.
1 conmutador de 3 posiciones y 6 contactos solapados, tipo XBC.

Voltímetro con conmutador de fases

Medida entre fases

Por medio de un conmutador S4, el voltímetro se conecta sucesivamente entre dos fases cuya tensión mide.

Material necesario:
1 voltímetro ferromagnético adaptado a la tensión de la red.
1 conmutador de 3 posiciones y 4 contactos sin solapamiento.

Medida entre fases y neutro

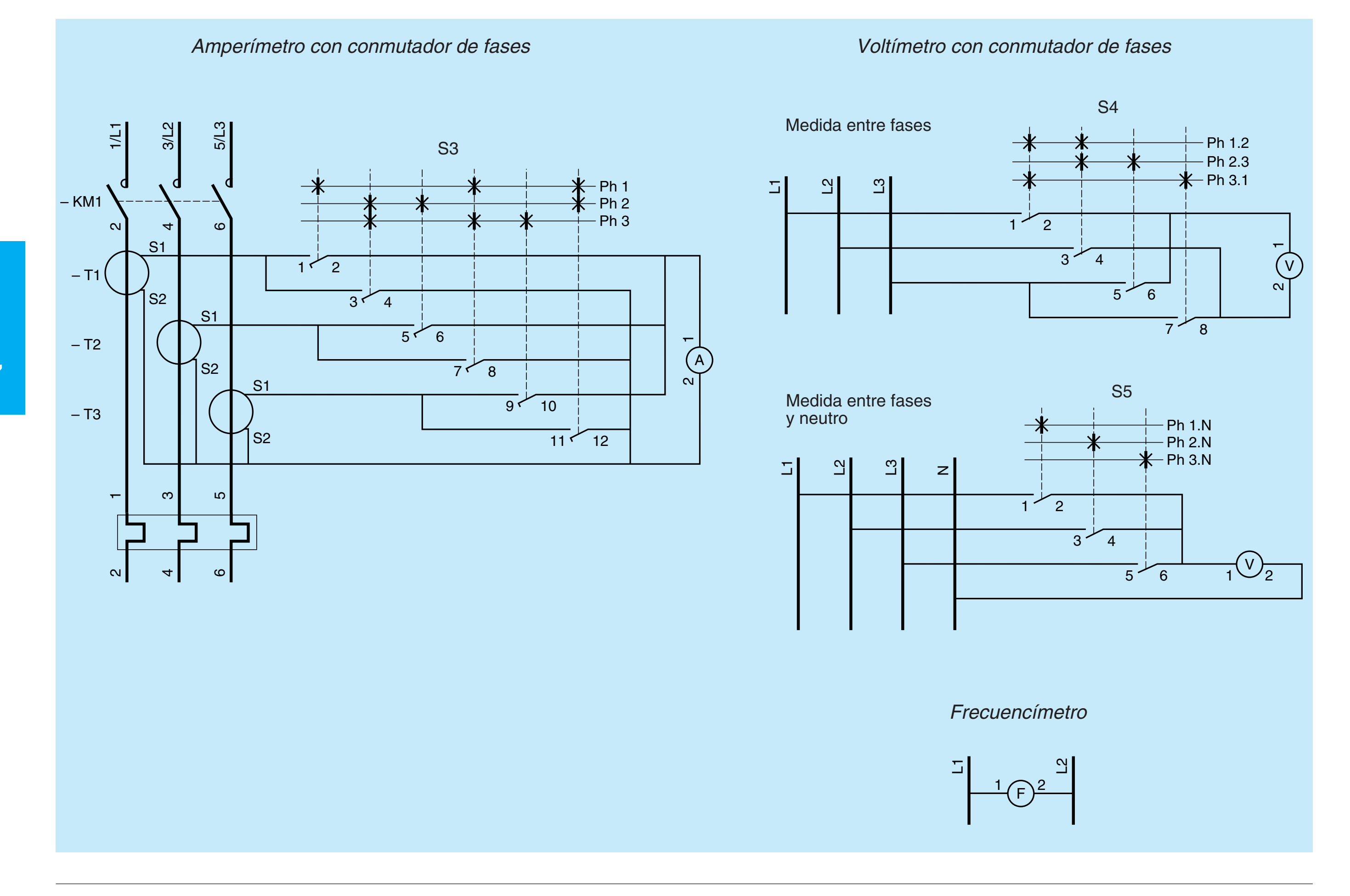
Mismo principio que anteriormente, sólo que la medida se efectúa entre fases y neutro.

Material necesario:
1 voltímetro ferromagnético adaptado a la tensión de la red.
1 conmutador de 3 posiciones y 3 contactos sin solapamiento, tipo XBC.

Frecuencímetro

El frecuencímetro se conecta, sin precauciones particulares, entre las fases de una red alterna.

Material necesario:
1 frecuencímetro de hojas o agujas.



Amperímetro con conmutador de fases

Voltímetro con conmutador de fases

Frecuencímetro

Medida de la potencia y del factor de potencia

Vatímetro o varmetro

Red equilibrada

Estos aparatos sirven para medir la potencia activa o reactiva, y se alimentan en tensión entre dos fases (esquema A), o entre fase y neutro (esquema B) y en corriente por medio de un transformador de corriente incorporado a una de las fases.

Material necesario:

1 transformador de corriente cuyo primario esté adaptado a la corriente nominal y cuyo secundario dependerá de las características del aparato de medida.
1 vatímetro o 1 varmetro.

Red desequilibrada

Misma utilización que anteriormente, pero los aparatos van conectados en tensión y en corriente a varias fases y, en su caso, al neutro de la red de alimentación.

Material necesario:

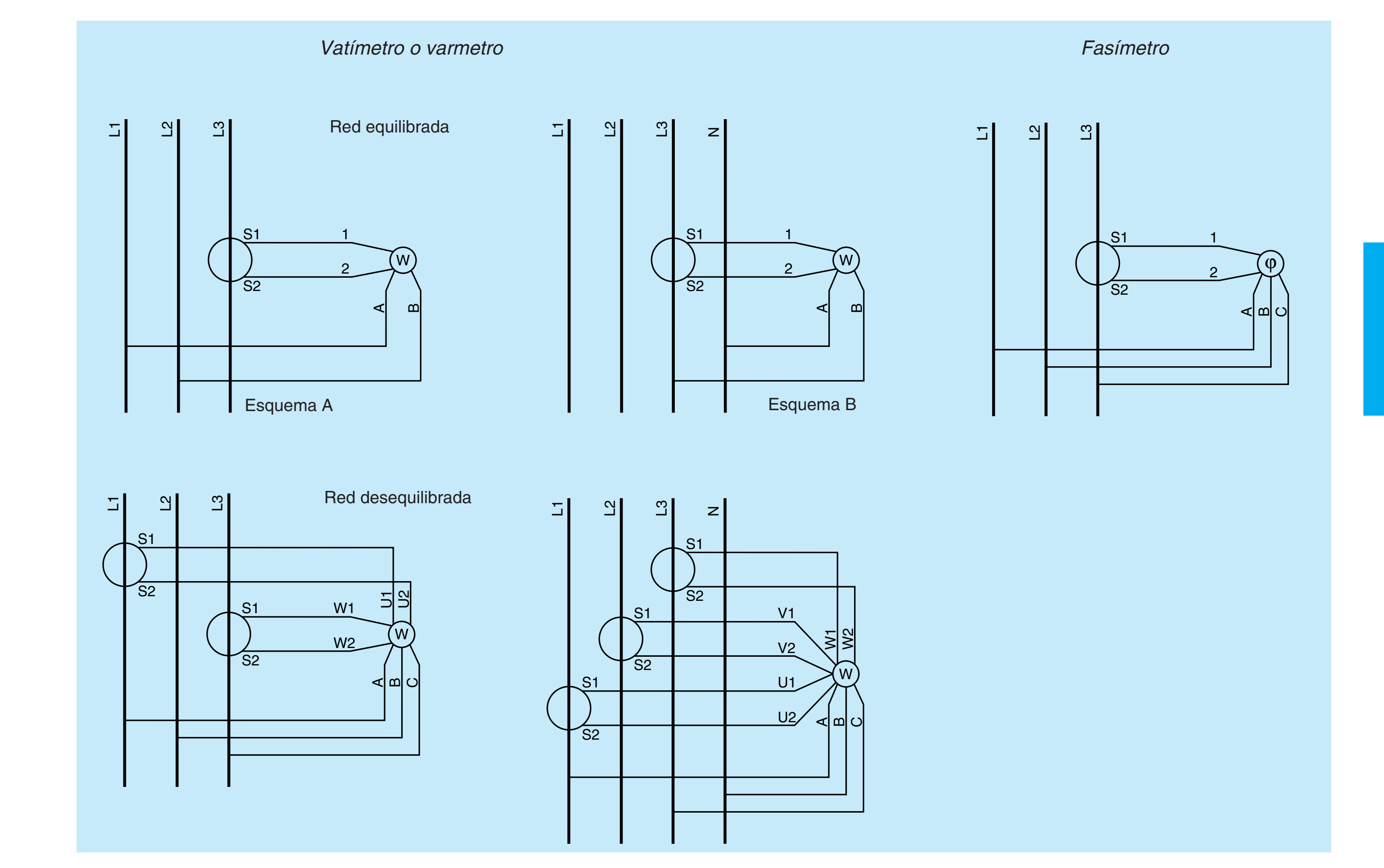
Según el tipo de red, dos o tres transformadores de corriente.
1 vatímetro o 1 varmetro.

Fasímetro

Se utiliza para medir el factor de potencia. Este aparato va conectado en tensión a las tres fases de la red y en corriente por medio de un transformador de corriente incorporado a una de las fases.

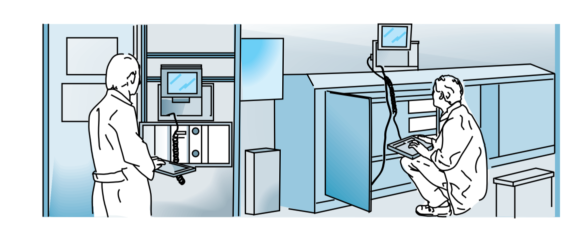
Material necesario:

1 transformador de corriente cuyo primario esté adaptado a la corriente nominal y cuyo secundario dependerá de las características del fasímetro.



Capítulo 8

Los equipos de automatismos utilizan productos que facilitan la instalación, el cableado y la conexión de los componentes de automatismo.



Estos productos deben cumplir determinadas normas locales e internacionales además de las normas de seguridad del material y de protección de las personas.

La realización de un equipo se divide en 3 fases:

– diseño (esquema, escritura del programa, elección del material, estudio de implantación),

– construcción (montaje, cableado, ensayos, instalación en el cofre o el armario),

– instalación (cableado, conexiones, puesta en servicio).

El objetivo de este capítulo es dar a conocer los productos para la instalación de los componentes de automatismo, que son los productos que componen el sistema Telequick de Telemecanique.

Aplicando la metodología y las reglas del arte basadas en la experiencia de este fabricante, que se describen para cada una de las tres fases, se conseguirá una realización más segura de los equipos.

Realización de un equipo

Diseño de un equipo

Construcción de un equipo

Ensayos en plataforma

Puesta en servicio de un equipo

Aplicaciones

Diseño de un equipo

La clave para la correcta realización de un equipo de automatismo es el análisis de un pliego de condiciones concreto.
Las herramientas que se utilizan para el diseño, el dibujo de los esquemas, la elección de los componentes y su implantación podrán ser diferentes en función de la complejidad de la instalación y del tamaño del proveedor de servicios. Por otra parte, puede ser suficiente la colaboración entre un mecánico y un electricista o un especialista en automatismos cuando se trata de equipar una máquina autónoma simple. Pero la realización de equipos para máquinas más complejas, islotes de producción, dirección de proceso, requiere además que intervengan otros especialistas, como por ejemplo, informáticos industriales.

El pliego de condiciones

Es fundamental que el pliego de condiciones de la parte control contenga todos los datos necesarios para la realización del proyecto. Guarda estrecha relación con el pliego de condiciones de la parte operativa (mecánica y accionadores). La información que proporciona sirve:
– para elegir la solución que se adoptará,
– para la realización propiamente dicha,
– para pruebas de comprobación del funcionamiento,
– para definir los costes y calendarios de previsiones,
– como referencia para la recepción.
Para facilitar la comprensión de la necesidad del cliente es conveniente adoptar una composición tipo para el pliego de condiciones, con información sobre:
– generalidades: presentación de la aplicación, normas y recomendaciones, posibles requisitos de material, características de la red de alimentación…,
– utilización: disposición de los mandos, modos de explotación, frecuencia de uso…,
– características funcionales: funciones necesarias, posibles ampliaciones, diálogo hombre-máquina, equipos periféricos…,
– el ambiente: temperatura, higrometría, vibraciones, choques, atmósfera corrosiva, polvo…,
– software específico: por ejemplo, software de ayuda al diagnóstico…,
– reglajes: naturaleza, procedimientos, referenciado,
– procedimientos de pruebas de recepción in situ,
– documentos de acompañamiento.
El GRAFCET es un lenguaje gráfico que tanto el especialista en automatismos como el mecánico entienden fácilmente y que está especialmente adaptado para expresar claramente las funciones que deban realizarse (véase capítulo 3 “Tratamiento de datos”). Permite establecer los esquemas eléctricos y escribir los programas con un mínimo riesgo de error.

Realización de los esquemas y de los programas

Los esquemas de control y de potencia suelen realizarse con un software de diseño gráfico asociado a bases de datos que contienen los símbolos gráficos o esquemas estándar como los que se presentan en los capítulos 6 y 7.
Los esquemas:
– se realizan completamente a partir de dichas bases de datos,
– o se adaptan a partir del esquema de una aplicación similar ya existente.
Los programas de autómatas también pueden desarrollarse utilizando software de ayuda a la programación, como por ejemplo el software integrado MINI X-TEL o X-TEL de Telemecanique.
Los autómatas nano y micro que se emplean en máquinas e instalaciones simples suelen utilizar lenguajes LIST o de contactos, conocidos por los electricistas.
Los equipos complejos suelen utilizar uno o varios autómatas programables multifunción. Por lo general, dichos autómatas utilizan lenguajes adaptados a la comprensión directa del análisis grafcet.
En las instalaciones complejas, las condiciones de seguridad, explotación y manejo son más estrictas, por lo que el especialista en automatismos debe definir el diálogo de operador (consolas, visualización) y un grafcet de control teniendo en cuenta los modos de funcionamiento y parada.

Modos de funcionamiento y parada

Se han analizado los modos de funcionamiento y parada de un sistema automatizado y los ha clasificado en una guía gráfica. Dicha guía es independiente de la tecnología de control y permite definir los modos o estados de funcionamiento del sistema utilizando un vocabulario específico, los posibles enlaces entre dichos modos o estados y las condiciones de evolución.
Esta guía agrupa los modos de funcionamiento y parada en tres tipos de procedimientos:

♦ Procedimientos de funcionamiento

Se trata de los estados de funcionamiento necesarios para la producción: funcionamiento de producción normal, funcionamiento de preparación o de cierre, funcionamiento de comprobación, etc.

♦ Procedimientos de parada

Incluyen los tipos de funcionamiento que conducen a paradas normales o a estados correspondientes a paradas normales: parada solicitada al finalizar el ciclo, parada obtenida, etc.

♦ Procedimientos de fallos

Se refieren a los estados de funcionamiento o parada provocados por un fallo del sistema: parada de emergencia, producción a pesar de todo (funcionamiento degradado), etc.

Seguridad de funcionamiento

La seguridad de funcionamiento de los automatismos consiste en su aptitud para funcionar:
– sin peligro para las personas y los bienes (seguridad),
– sin que se pare la producción debido a un fallo (disponibilidad).
La seguridad debe abarcar el análisis de los riesgos, de la legislación y la normativa vigentes.
Para estudiar la seguridad de funcionamiento, se aplicará sucesivamente un procedimiento de evaluación de los riesgos al producto, al proceso (partes operativa y de control) y a la explotación. Dicho estudio supera el marco de este volumen (1).

Elección de una tecnología

Las tecnologías actualmente disponibles para la realización de equipos de automatismo son básicamente: electromecánica, neumática o electrónica (autómatas programables, micro y mini ordenadores, tarjetas electrónicas estándar o específicas).
Se distinguen dos tipos de criterios para su elección:
– los criterios de viabilidad, que descartan las tecnologías que no permiten cumplir el pliego de condiciones,
– los criterios de optimización, cuyo objeto es reducir al mínimo el coste global durante el ciclo de vida del equipo (compras, instalación, puesta a punto, flexibilidad, inmovilización, gestión de la producción, mantenimiento…).

Elección de los componentes

Se tendrán en cuenta distintos aspectos:
– temperatura ambiente (posible desclasificación del material), polvo, etc.,
– coordinación de los aparatos que constituyen las salidas de potencia,
– selectividad entre los aparatos de protección hasta el disyuntor general,
– tiempo de ciclo máquina deseado,
– número de ciclos de maniobras,
– categoría de uso (AC-1, AC-3, etc.),
– normas (petroquímica, compañías eléctricas, marina, etc.).

(1) “La sureté des machines et installations automatisées”, de J.P. Morel y C. Sourisse de las ediciones Sadave y Citef (Telemecanique).

Determinación de las dimensiones

Existen tres métodos para determinar las dimensiones de un equipo.

Método de implantación directa

Se aplica a los equipos de dimensiones inferiores o iguales a 960 × 734 mm (dimensiones máximas de las placas perforadas Telequick®).
Los aparatos se colocan directamente en una tabla de implantación que reproduce la trama de la placa perforada a escala 1, lo que permite determinar las dimensiones del equipo de forma rápida y económica.

Método por cálculo de las superficies

Para determinar las dimensiones del equipo con rapidez y precisión, el procedimiento es el siguiente:
• Calcular la suma total de las superficies de los aparatos que componen el equipo. Dichas superficies se indican en los catálogos.
• Multiplicar el total obtenido por el siguiente coeficiente de aumento de volumen:
– 2,2 para un total máximo de 34,2 dm^2,
– 2,5 para un total superior a 34,2 dm^2.
Los pliegos de condiciones de determinados clientes exigen que se aplique un coeficiente mayor con el fin de dejar espacio disponible para posibles modificaciones.
El resultado obtenido es la superficie total del equipo. Las normas que fabricantes como Telemecanique indican para la elección facilitan la búsqueda de referencias de placas, montantes, perfiles y envolventes a partir de la superficie útil. Asimismo, dichas normas indican la potencia calorífica que pueden desprender las paredes de la envolvente.

Método asistido por ordenador

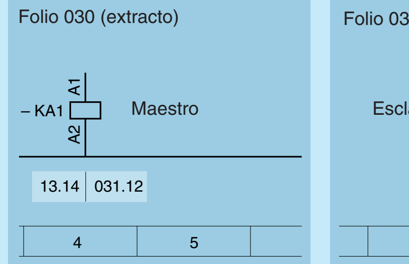
Lo utilizan los servicios especializados en el estudio de equipos de automatismos.
Esta función de ayuda a la implantación, integrada en el software de diseño por ordenador (véase columna derecha), propone viñetas de dimensiones a partir del esquema y de una Base de Material.

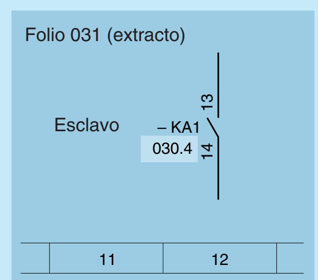
Dosier de fabricación

Debe estar completamente elaborado antes de iniciar la fabricación. En el dosier se definen:
– la lista de todos los documentos, en un índice,
– los cofres: implantación, taladros, accesorios...,
– los armarios: implantación, plano de los chasis, taladros...,
– los puestos de control: taladros, accesorios...,
– los esquemas eléctricos,
– los programas,
– la nomenclatura del material,
– los planos de dimensiones.

Diseño por ordenador

En el campo del diseño de sistemas de automatismos, la herramienta software brinda una ayuda considerable. Además de para la realización del esquema, el diseñador la utiliza en todas las fases del proyecto, desde el registro de la solicitud de presupuesto por parte del cliente hasta la puesta en servicio y la asistencia para mantenimiento. Además de incrementar la productividad en el diseño de sistemas, este procedimiento mejora la calidad de los esquemas y de los programas, y facilita la actualización de los mismos cuando evolucionan los sistemas.
El software de diseño ofrece básicamente:
• Una base de símbolos inteligentes:
Cada símbolo está dotado de un comportamiento (maestro, esclavo), una función eléctrica (seccionamiento, conmutación…), y bornas de conexión. Está vinculado con una familia de materiales (seccionadores, contactores…) y asociado a un método de referenciado. Admite referencias variables propuestas por el software o introducidas por el usuario. Además, la base asegura la coherencia de todos los datos y guía al usuario en la introducción de los mismos.
• Una base de material que contiene la información técnica y comercial dirigida a facilitar la elección de los componentes, el establecimiento de las nomenclaturas, los presupuestos y las compras.
• Fondos de planos estándar (definición unifilar, estructura de automatismo, esquemas de potencia y de control, dimensiones, nomenclaturas…).
• Una base de datos de esquemas (subconjuntos de salidas-motores de potencia y control, movimientos de elevación…), que permite responder con rapidez a las licitaciones (esquemas unifilares) y simplifica la realización de los esquemas.
• La gestión de la información relativa a una instalación eléctrica:
– enlaces equipotenciales,
– detección de números ya existentes,
– control de cortocircuitos,
– gestión de borneros,
– referenciado del material,
– composición automática y control de la homogeneidad de las referencias,
– referencias cruzadas,
– gestión de las capacidades de los contactores auxiliares y de los números de bornas,
– ayuda a determinar las dimensiones.





El contacto 13-14 de KA1 (esclavo) es controlado por la bobina del contactor KA1 (maestro). En el sector 4 del folio 030, el contactor KA1 se localiza fácilmente gracias a la información hallada al lado del contacto 13-14: 030.4. A su vez, en el sector 12 del folio 031, el contacto 13-14 se localiza gracias a la información 13.14: 031.12 situada debajo de la bobina KA1 (referencias cruzadas).

Referencias cruzadas y noción Maestro-Esclavo

Construcción de un equipo

Muchos fabricantes de material eléctrico desarrollan auxiliares de equipos para la instalación de sus productos. Es el caso de Telemecanique, que ofrece el sistema Telequick®, un sistema que reúne los productos imprescindibles para la realización de un equipo mediante el que se instalan todos los componentes de automatismo de forma sencilla y rápida. El sistema Telequick® se utiliza en las tres tecnologías: electromecánica, electrónica y neumática. Teniendo en cuenta las características de las mismas, hemos clasificado los productos que componen el sistema en cuatro funciones distintas, para **Envolver, Estructurar, Repartir** *y* **Conectar***.*

La función “envolver”

Para proteger el material de los choques, de la intemperie y para que resista las condiciones de uso más extremas de la industria, los equipos deben ir montados en cofres o armarios. Además, dichas envolventes deben reunir todas las características necesarias para acortar el tiempo de montaje y de intervención.

Los cofres metálicos

Se fabrican en chapa de acero plegada y soldada, y cumplen con los estándares europeos.
Las puertas llevan refuerzos verticales con taladros separados por espacios de 25 mm. Se articulan en unas bisagras de acero inoxidable, invisibles y reversibles. Tanto una junta de caucho aplicada en todo el contorno de la puerta como la forma triangular del borde del cofre, que al mismo tiempo sirve como canalón, garantizan una estanqueidad IP55.
Los cofres están equipados con una placa perforada, o con una placa compacta, o con 2 montantes verticales. La superficie útil de las placas puede alcanzar 87 dm^2. Existe una gran variedad de accesorios para el montaje.
Los cofres metálicos ofrecen las siguientes ventajas:

- Resistencia
  – grosor de la chapa: de 12 a 20/10 de mm,
  – puertas reforzadas con bisagras de acero inoxidable,
  – resistencia a los choques 20 julios (grado 9),
  – pintura texturizada.
- Seguridad
  – cierre automático de la puerta con sólo empujar,
  – apertura de la puerta con pulsador de llave 455,
  – 1 solo punto de maniobra con 1 o 2 puntos de enganche (cumpliendo la recomendación CNOMO).

Dimensiones de los cofres en mm			
	Altura	Anchura	Profundidad
	300 a 1200	250 a 800	150 y 300



Cofres metálicos

Cofres aislantes

Se fabrican en poliéster. Son muy robustos, resistentes a agresiones químicas e insensibles al moho, por lo que se recomiendan en ambientes altamente corrosivos (litoral, industrias químicas, centrales lecheras, etc.) y entornos expuestos a la intemperie. Gozan de la clasificación de "doble aislamiento", y se adaptan bien a condiciones de uso muy duras. Los hay de dos tipos:

- Cofres monobloque

El cuerpo de los cofres es de una sola pieza. Admiten placas perforadas con una superficie útil de hasta 40 dm^2 o montantes perforados para la realización de chasis.
El marcado de fábrica en la cara interna de la puerta facilita la instalación de los auxiliares de control y de señalización.
El cierre con llave doble barra puede sustituirse por un cierre con llave 455.
La fijación mural se efectúa o bien desde el interior, a través de 4 agujeros, o bien desde el exterior, mediante 4 patillas orientables.
Una junta continua resistente a los agentes químicos garantiza la estanqueidad del cofre, con un grado de protección IP65.

- Cofres de grandes dimensiones con 1 y 2 puertas

Se fabrican por elementos separados que luego se ensamblan con juntas de plástico. Admiten placas perforadas con una superficie útil de hasta 95 dm^2, montantes perforados para la realización de chasis, y se les puede acoplar un tejadillo de protección.
Se fijan de dos maneras: o bien a la pared, desde el exterior con 4 patillas orientables, o bien al suelo utilizando un zócalo. Grado de protección: IP55.

Dimensiones de los cofres en mm

	Altura	Anchura	Profundidad
Monobloque	300 a 800	250 a 600	160 a 300
1 puerta	1000 y 1250	750	300
2 puertas	1000 y 1250	1000	300



Cofres aislantes

Armarios monobloque

Se fabrican en chapa de acero de 1,5 mm, plegada y soldada, con 1 o 2 puertas en función del tamaño. Los modelos de 2 puertas no llevan montante central, de modo que se accede cómodamente al fondo del armario central y resulta muy fácil instalar el equipo.
Las puertas se articulan en unos goznes invisibles, reversibles y fácilmente desmontables. En la cara interior de las puertas pueden acoplarse aparatos, en un cuadro de refuerzo soldado y con perforaciones de 4,5 mm de diámetro cada 25 mm. El ángulo de apertura es de 130°.
El cierre con llave 455 puede sustituirse por un triángulo de 6,5 mm con llave CNOMO o por un cierre con llave de otra referencia.
Dentro del armario la conexión a tierra se realiza mediante espárragos soldados, y en las puertas conectando el conductor de tierra al cuadro de refuerzo.
Las conexiones se realizan en la parte inferior utilizando placas desmontables para los prensaestopas. El armario se fija al suelo directamente a través de cuatro puntos o se monta en un zócalo que permite acceder a los cables de conexión por delante y por detrás.
En los armarios pueden acoplarse montantes con muescas para realizar chasis ajustables y cuya superficie útil oscila entre 100 y 274 mm^2.
Se suministran con portaplanos y pueden equiparse con 4 cáncamos.
Una junta protegida y continua de poliuretano expandido garantiza la estanqueidad del armario, con un grado de protección IP55.

Dimensiones de los armarios en mm

	Altura	Anchura	Profundidad
Monobloque	1200 a 2000	800 a 1600	400 y 500



Control numérico NUM y arrancador en un armario

Armarios asociables

Se distinguen de los armarios monobloque por las siguientes características:
– los paneles traseros son desmontables y pueden sustituirse por puertas, lo que permite acceder al interior del armario tanto por delante como por detrás y realizar equipos de dos caras.
– los paneles laterales también se desmontan para yuxtaponer los armarios o para instalar, en la parte superior, un juego de barras de distribución de potencia tripolar o tetrapolar en la longitud total del armario.
– El cierre con 4 puntos de anclaje se activa mediante una cerradura de llave 455 que puede sustituirse por otra cerradura o por un dispositivo de enclavamiento automático conforme con la recomendación CNOMO. El ángulo de apertura de las puertas es de 120°.
– según modelos, para la fijación al suelo se utiliza una pieza específica o bien un zócalo que permite acceder a los cables de conexión por delante y por detrás.
En los armarios pueden acoplarse montantes con muescas para realizar chasis ajustables y cuya superficie útil oscila entre 85 y 280 dm^2.
Admiten una amplia variedad de accesorios de montaje (cáncamos, dispositivo de acoplamiento de 2 armarios, marco de protección de mandos pivotante, etc.).
Una junta de poliuretano expandido patentado garantiza la estanqueidad de los armarios, con un grado de protección IP55.

Dimensiones de los armarios en mm

	Altura	Anchura	Profundidad
Asociables	1800 y 2000	600 a 1600	400 y 800



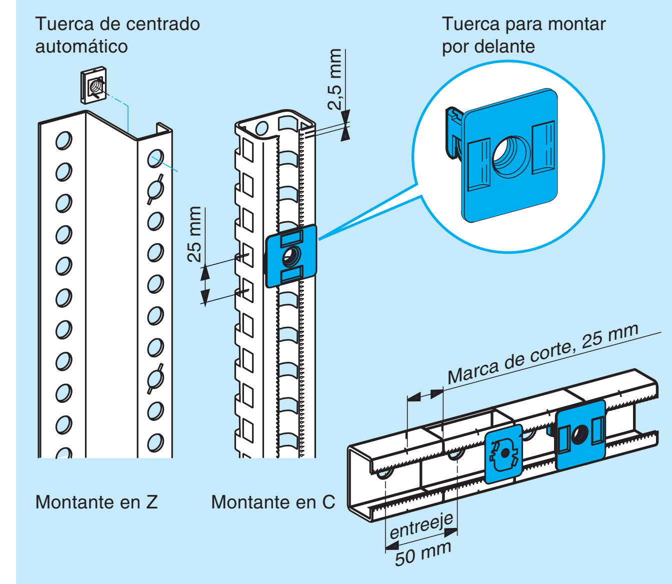
Armarios asociables

La función “estructurar”

Para que los componentes puedan asociarse mecánicamente unos con otros, existen gamas de productos especialmente diseñados para montar y fijar correctamente los componentes de automatismo. El ensamblaje de dichos productos constituye la estructura del equipo. Ofrecen una gran variedad de posibilidades de montaje y, por lo tanto, una gran flexibilidad en su utilización, además de un ahorro importante en la instalación.

Los montantes verticales

El sistema Telequick® propone dos tipos de montantes:
– montantes en Z, perforados cada 20 mm,
– montantes en C, perforados y con muescas.
Los montantes en C permiten, con el mismo producto:
– una fijación gracias a las muescas de 2,5 mm de paso. Se puede hacer un posicionamiento previo de los perfiles en altura sin apretar las tuercas. Las tuercas deslizantes con muescas se enganchan por la parte delantera a cualquier altura del montante.
– o una fijación por espacios de 25 mm gracias a las perforaciones laterales. Los perfiles se sujetan con tuercas de centrado automático.
Los montantes llevan, cada 25 mm, una marca de corte para facilitar la adaptación de los mismos a la longitud deseada.



Montantes verticales

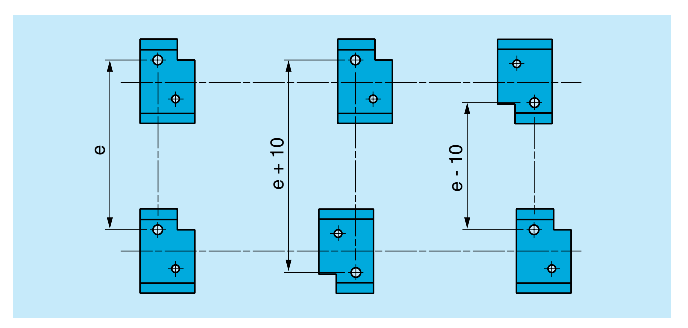
Perfiles

Existen tres tipos de perfiles:
– perfiles simétricos de 35 mm, de 7,5 o 15 mm de profundidad, para enganchar aparatos,
– perfiles asimétricos, para fijación de aparatos mediante tornillo,
– perfiles combinados de 35 mm, para enganchar y atornillar aparatos con sólo 2 modelos de tuercas que ofrecen cada uno 2 diámetros de atornillado. Estas tuercas deslizantes se enganchan por el frente de los perfiles, lo que permite añadir material o modificarlo de forma rápida y sencilla. Con estas tuercas el entreeje de fijación puede ajustarse a ± 10 mm.

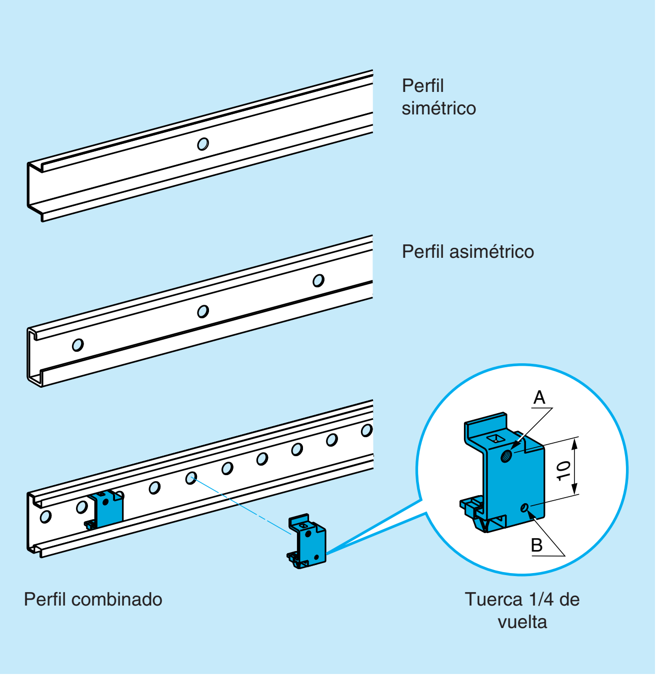
Placas

Se colocan en los cofres y los armarios para montar directamente por el frente todos los aparatos, sea cual sea su entreeje de fijación, y para fijar las canaletas para cables.
Existen dos tipos de placas:
– placas compactas, de 2 o 3 mm de espesor, en las que deben hacerse los agujeros para fijar los aparatos,
– placas perforadas, en las que no hay que hacer nada. Los aparatos se sujetan mediante tuercas-clips de dimensiones adecuadas que se introducen y se colocan en los huecos por el frente de la placa.
Se pueden yuxtaponer verticalmente varias placas perforadas manteniendo la continuidad de los agujeros.

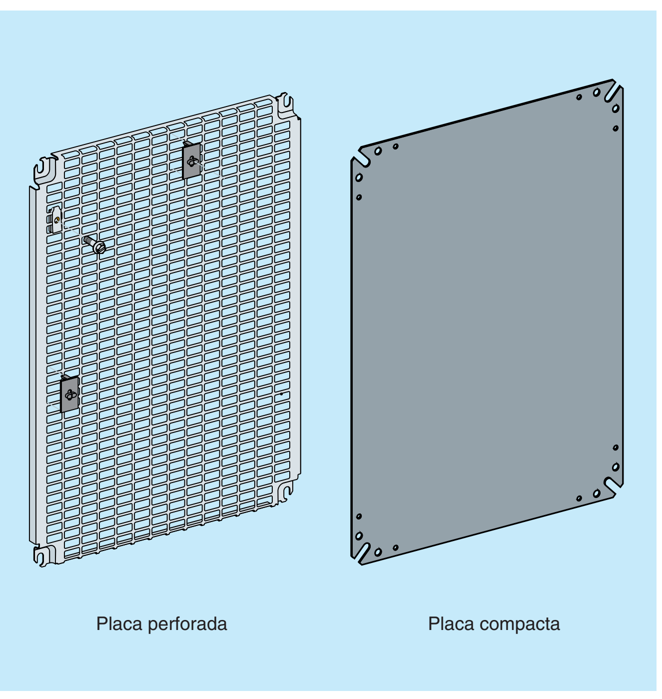
Roscas en tuerca 1/4 de vuelta		Modelo 1	Modelo 2
	A	M3	M5
	B	M4	M6



Principio de ajuste del entreeje con tuercas 1/4 de vuelta



Diferentes modelos de perfiles



Placas compactas y perforadas

La función “repartir”

Cuando se realiza un equipo, la instalación de los productos debe caracterizarse por la seguridad, la sencillez y por la rapidez de montaje y cableado. El mantenimiento y las posibles modificaciones del equipo deben poder realizarse fácilmente interfiriendo lo menos posible en la continuidad de la explotación de la instalación.
Respondiendo a estos criterios, existen repartidores cuya función básica consiste en derivar una corriente principal hacia varios circuitos secundarios.
Algunos modelos están diseñados para servir de soporte a los productos, lo que permite realizar intervenciones bajo tensión (por ejemplo, conexión o desconexión de un arrancador).

Repartidores 63 A

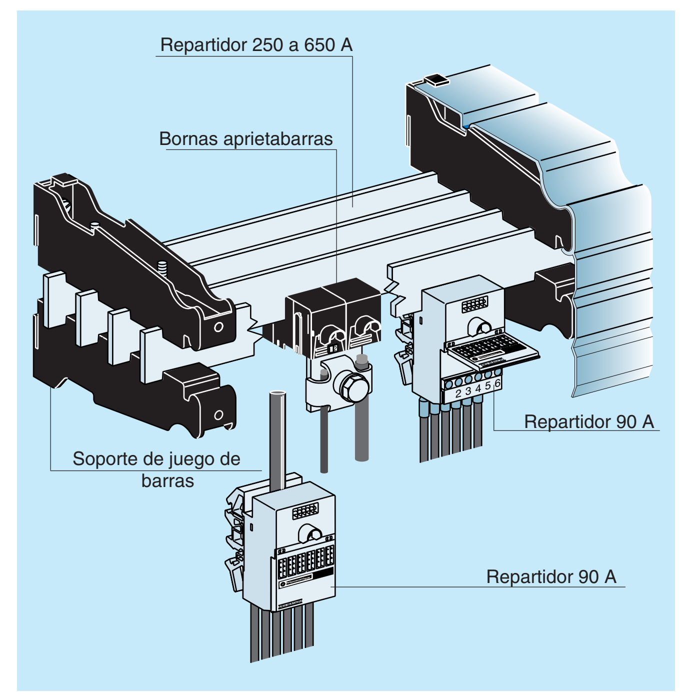
Se componen de juegos de barras modulables prefabricados bipolares, tripolares o tetrapolares con dos o cuatro derivaciones para la alimentación de disyuntores-motores o de contactores-disyuntores de instalación. Utilizan dos modelos de borneros de conexión extraíbles.

Repartidores 90 A

Se trata de bloques repartidores unipolares que derivan la corriente principal a seis circuitos secundarios. La conexión de entrada se realiza:
– por simple apriete en una barra de cobre,
– o por cable de cobre multiconductor.
La conexión de salida se realiza en seis conectores a tornillo y tiene las siguientes características:
– montaje por enganche en todo tipo de perfiles o placas de tipo Telequick®,
– referenciado común para todos los productos,
– tapa portarreferencias móvil para permitir el acceso a los tornillos de conexión de salida,
– bloques yuxtaposicionables,
– protección contra corrientes directas, de fábrica,
– resistencia al fuego,
– tensión asignada de aislamiento 750 V,
– corriente asignada 25 A por derivación.



Repartidores 63 A



Repartidores 90 A montados en un repartidor 250 a 650 A

Repartidores 160 A

Este sistema de reparto se realiza a partir de elementos prefabricados que cumplen las tres funciones siguientes:
– transporte de la corriente,
– distribución de la corriente,
– soporte del material.

♦ Transporte de la corriente

Se realiza a través de un juego de barras totalmente protegido contra el acceso a las piezas bajo tensión que existe en dos versiones, tripolar y tetrapolar, y en varios largos. La corriente llega, por arriba o por abajo, a los conectores protegidos por una tapa extraíble.

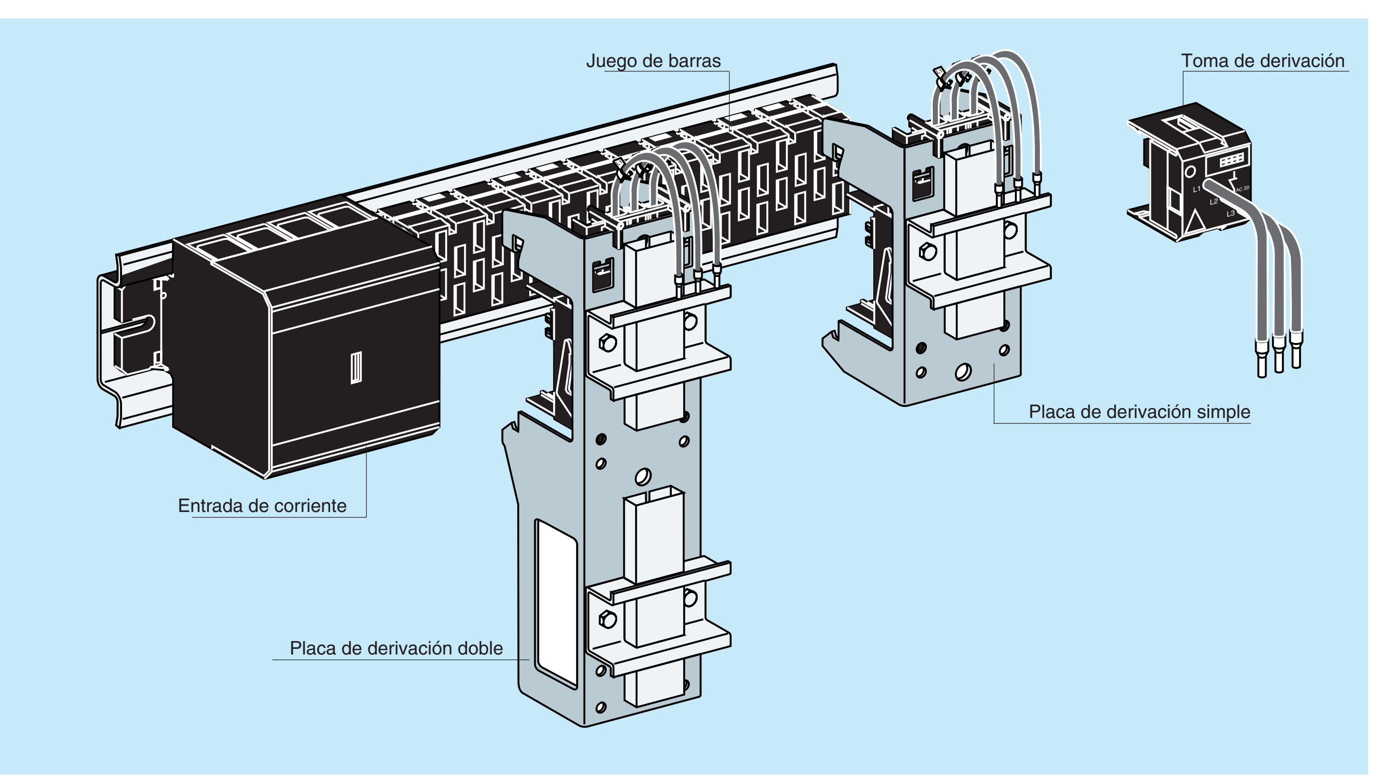
♦ Distribución de la corriente

Se realiza a través de las tomas de derivación tripolares o tetrapolares (3 fases + Neutro o 3 fases + Común), que existen en los calibres 16 y 32 A. Al engancharlas en el juego de barras se realiza la conexión eléctrica. Pueden engancharse y desengancharse bajo tensión con toda seguridad. Al engancharlas quedan automáticamente enclavadas en el juego de barras. Se desenclavan con un destornillador. Un sistema de bloqueo de la conexión impide falsas maniobras.

♦ Soporte de material

Esta función está cubierta por unas placas de derivación que se enganchan a un perfil de 75 mm de ancho que soporta el juego de barras.

Una toma incorporada de calibre 25 A se conecta al engancharse en el juego de barras. Al igual que con las tomas de derivación, las placas pueden colocarse o extraerse bajo tensión, de forma segura. Las placas de derivación existen en versión simple o doble. Admiten distintas configuraciones de arrancadores.
Pueden acoplarse placas de extensión en las placas simples o dobles para montar aparatos de mayor anchura (arrancadores inversores, accesorios de disyuntores de control…).
El repartidor 160 A puede utilizarse solo o asociado con los demás modelos para realizar todo tipo de equipos de automatismo y de distribución industriales y terciarios.
Estas son algunas de las ventajas del repartidor 160 A:
– con respecto a una solución tradicional, el tiempo necesario para instalar los productos se reduce en un 60%,
– dimensiones reducidas de las funciones de soporte de material y derivaciones,
– continuidad en la explotación de las instalaciones debido a que los arrancadores pueden cambiarse bajo tensión,
– seguridad de la explotación gracias a la resistencia a las corrientes de cortocircuito (corriente asignada de cresta máxima admisible en el juego de barras: 25 kA) y una tensión asignada de aislamiento de 660 V (IEC 947-1),
– protección contra el acceso a las piezas bajo tensión.



Repartidor 160 A

Repartidores 400 y 800 A

Son canalizaciones multisalidas que a partir de un juego de barras integrado, tripolar o tetrapolar, pueden alimentar hasta 32 salidas de todo tipo, desde salidas tradicionales por contactores hasta arrancadores electrónicos.
Permiten realizar equipos compactos económicos y seguros, conformes con las normas IEC 439 en los **C**onjuntos de equipos de baja tensión **M**ontados en **F**ábrica.
Las canalizaciones multisalidas se realizan con los siguientes elementos prefabricados:
– un juego de barras 400 o 800 A,
– bloques de seccionamiento tripolares o tetrapolares que realizan la unión eléctrica entre el juego de barras y el material acoplado en las placas,
– placas de soporte de material.

♦ Juego de barras

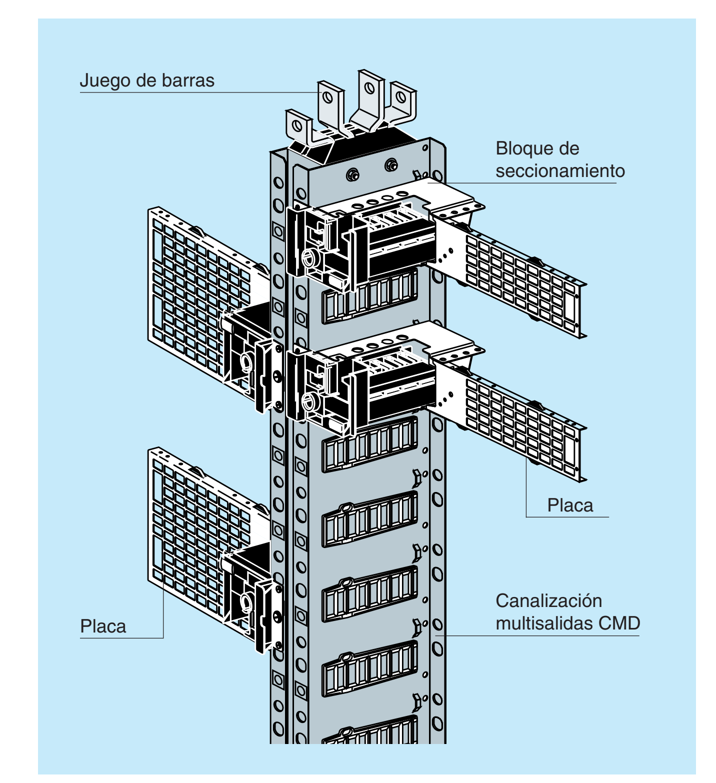
Se compone de 3 o 4 barras de cobre plateado. Existe en 2 calibres: 400 y 800 A. Tiene una resistencia a las corrientes de cortocircuito de 50 kA eficaces durante 1 segundo y una tensión de aislamiento de 660 V.
Lo protege una envolvente de chapa de acero galvanizada de 1,5 mm. Está dotado de una expansión en una de sus extremidades para poder conectarlo a un juego de barras general, o a un cable con la sección adecuada. Se fija en 4 puntos (taladros colisos), y se incorpora fácilmente en todo tipo de armarios de 2 m de alto o más. Las 32 trampillas de derivación, repartidas a ambos lados de la canalización y espaciadas de 100 mm, alimentan las salidas. Dichas trampillas están protegidas por tapas automáticas. La estructura autoportante de la canalización está diseñada para soportar mecánicamente el conjunto de las 32 salidas.

♦ Bloques de seccionamiento

Existen con dos calibres:
– 125 A, para placas de 1, 2 o 3 módulos,
– 250 A, para placas de 2 o 3 módulos.
Realizan automáticamente la unión eléctrica entre el juego de barras y las salidas a placas por medio de pinzas deslizantes que se manejan por el frente con una llave extraíble. Son de corte visible y pueden enclavarse en posición abierta con 3 candados.
El seccionamiento sin carga y en tensión está asegurado mediante los contactos de precorte del circuito de control de la salida. El seccionamiento de una salida puede efectuarse sin desconectar el conjunto del equipo.

♦ Placas

Existen de 3 dimensiones (1, 2 o 3 módulos de 100 mm) y se acoplan de forma sencilla y automática al bloque de seccionamiento mediante 3 tornillos. Pueden ajustarse en profundidad y sus perforaciones, iguales que las de las placas Telequick, permiten enganchar o atornillar todos los productos que se fijan por el frente.
Existen además accesorios complementarios para adaptar la instalación a las exigencias de utilización:
– dispositivo de enclavamiento mecánico para impedir el seccionamiento en carga,
– bloque de contactos auxiliares de precorte,
– elementos de cierre para separar físicamente las salidas,
– soportes de perfiles para montar bornas de conexión,
– placas de soporte de material,
– brida de fijación de extremidad (para equipos expuestos a vibraciones),
– placa delantera para soportar auxiliares de diálogo (pilotos de señalización, pulsadores, etc.),
– aisladores para juego de barras horizontal (para alimentar, en la parte superior, varias canalizaciones multisalidas con un mismo juego de barras).
Las canalizaciones multisalidas gozan de la homologación “Marina” de la mayoría de los organismos internacionales.



Repartidores 400 y 800 A

Función “conectar”

Agrupa los productos necesarios para cablear y conectar los equipos.

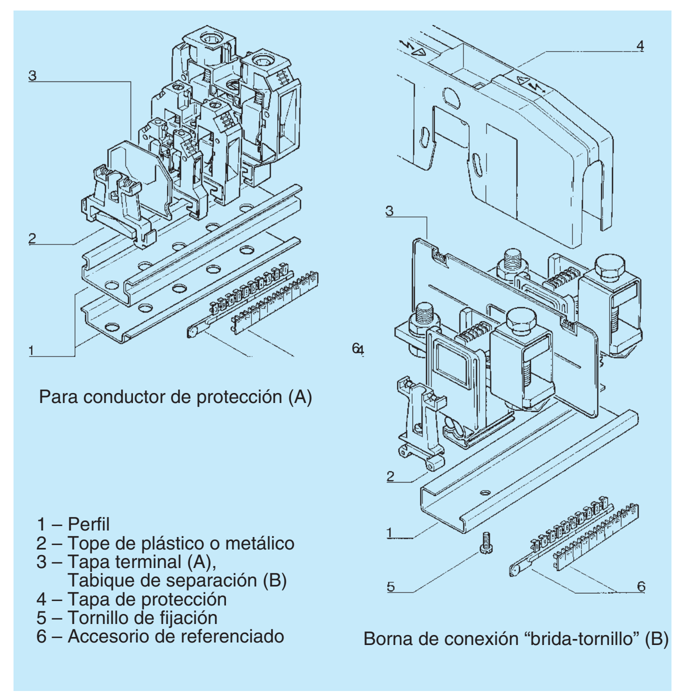
Bornas de conexión

Se ajustan a las normas UTE y a las principales homologaciones. Están fabricadas en poliamida de color y pueden utilizarse a temperaturas de –30 a +100 °C. Cumplen la norma NF C 20-455 en cuanto a su resistencia al fuego. Se identifican mediante caracteres enganchables en barretas o peines de referenciado. Sirven para conectar conductores de 240 mm^2 de sección máxima.
Se ajustan a todas las necesidades:
– amplia gama de corrientes, desde unos pocos amperios (circuitos de control, de señalización, electrónicos…), hasta varios cientos de amperios (conexiones de potencia),
– bloques unipolares o multipolares fijas o desenchufables,
– conexiones por tornillo, tuerca, clip o soldadura,
– bloques para funciones específicas como soportes de fusibles o de componentes electrónicos, bornas seccionables, conexión del conductor de protección, etc.,
– montaje en perfiles, placas perforadas o circuitos impresos.

El diseño original de bloques y accesorios facilita su instalación y garantiza la seguridad del usuario:
– los conectores de los bloques llevan tornillos imperdibles. La elasticidad del cuerpo de los conectores proporciona una excelente resistencia a las vibraciones y elimina cualquier riesgo de que se aflojen las conexiones,
– los tornillos de apriete se encuentran dentro de una cavidad cilíndrica, lo que evita que resbale la cabeza del destornillador y permite utilizar un destornillador eléctrico,
– las entradas de las conexiones tienen forma de embudo, lo que facilita la introducción de los conductores,
– los bloques se entregan con las bornas aflojadas,
– las tapas de protección y de señalización de “peligro” se enganchan a los bloques.

Interfaces independientes

Las distintas interfaces independientes son:
– interfaces para señales TON,
– interfaces para señales analógicas,
– interfaces de cableado,
– componentes periféricos de automatismo.
Se describen en el capítulo 3 “Tratamiento de datos”.
Nos limitaremos a indicar aquí que las tres primeras pueden integrarse en los borneros.



Bornas de conexión



Interfaces independientes

Terminales de cableado

Utilizar terminales ofrece varias ventajas:
– simplificación del cableado, ya que el encapsulado de la funda de cobre se realiza automáticamente al apretar la conexión en la borna,
– perfecta resistencia a las vibraciones,
– ausencia de deformación de los hilos flexibles,
– ahorro de tiempo en la ejecución y en la conexión,
– lengüetas portarreferencias y referencias iguales con cualquier sección de cable. Cada lengüeta admite 7 anillos de referencia (letras o números).
Los terminales Telemecanique tienen además:
– distinto color en cada sección,
– según modelos, 3 largos de fundas,
Existen terminales preaislados:
• según norma NF C 63-023
– sin portarreferencias para secciones de 0,25 a 6 mm^2,
– con portarreferencias integrados para secciones de 0,25 a 6 mm^2,
– con portarreferencias extraíbles para secciones de 4 a 50 mm^2.
• según norma DIN 46228
– color por sección distinto del de la norma francesa,
– sin portarreferencias para secciones de 0,25 a 50 mm^2.
Existen además distintos accesorios y herramientas para pelar conductores, ordenar los terminales y colocar las referencias.

Liras y canaletas de cableado

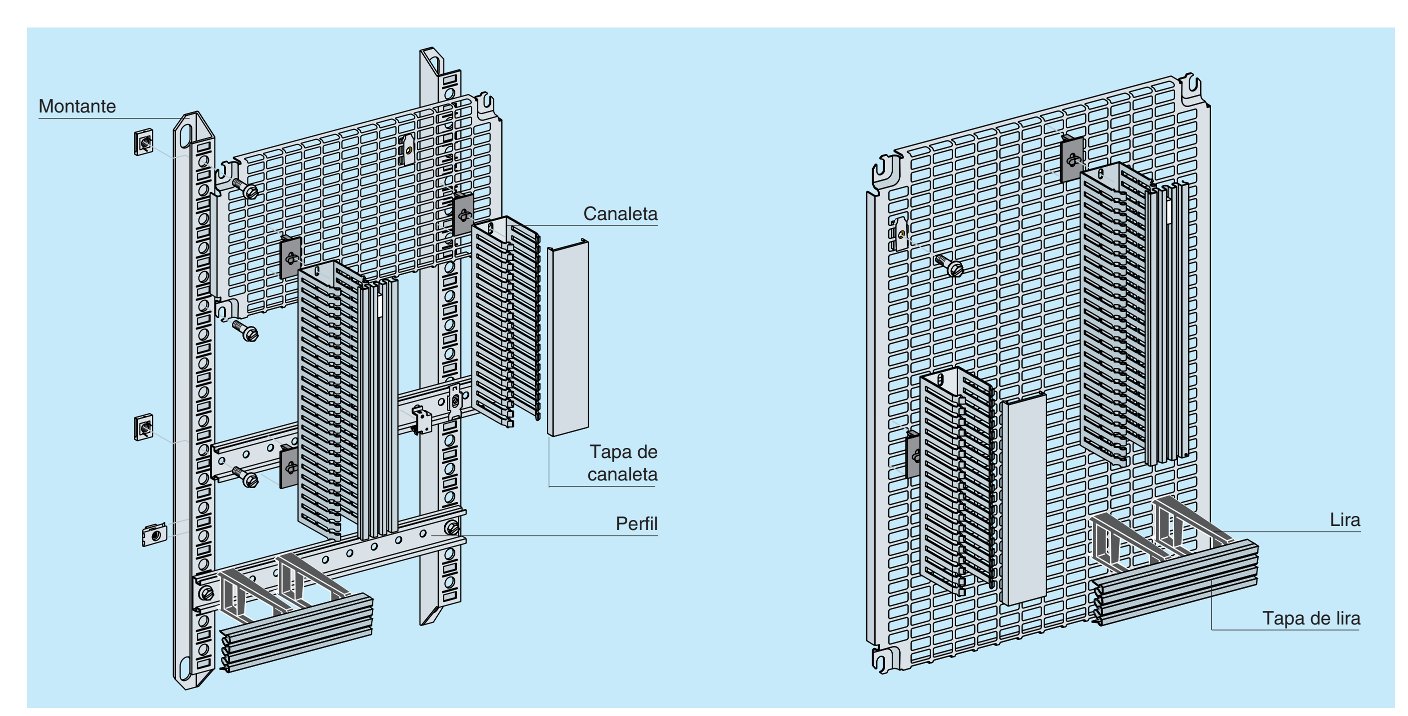
La función de las liras y las canaletas de cableado consiste en canalizar los cables para formar capas horizontales y verticales situadas en el mismo plano que los aparatos. Todo el cableado se realiza por delante, lo que facilita reparaciones y modificaciones.
Se fabrican en PVC, y su principal característica es que no comportan ninguna pieza metálica en contacto con los conductores que contienen.

♦ Liras

Son engatillables. Favorecen la disipación térmica. Se montan:
– en placas perforadas en las que se pueden colocar las liras en alineación decalada para permitir el paso de un número mayor de cables,
– entre los perfiles que sirven para fijar los aparatos,
– en perfiles combinados o simétricos de 35 mm.
Una tapa en la que pueden montarse portarreferencias se encaja en las liras para cerrar el camino de cables.

♦ Canaletas

Poseen hendiduras laterales marcadas y perforaciones en el fondo. Se fijan vertical u horizontalmente a unos pies soporte dotados de un dispositivo de fijación cuarto de vuelta. Dichos pies soporte se enganchan en los perfiles combinados o simétricos de 35 mm y en las placas perforadas. Existen canaletas de varias dimensiones y pueden llegar a contener 700 hilos de 1,5 mm^2. Una tapa de cierre encaja en las canaletas. El mismo portarreferencias se adapta en las canaletas y en las liras.



Liras y canaletas de cableado

Montaje

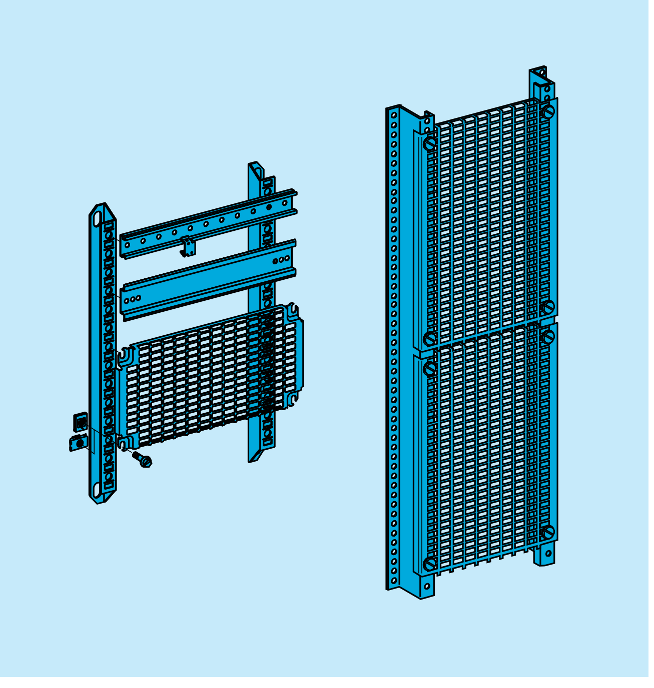
Los componentes de automatismo y de distribución están diseñados para ser montados en chasis o en bastidor. El objeto de este apartado es recordar unas definiciones, indicar “trucos” o “reglas del arte”, y llamar la atención sobre las precauciones necesarias para montar los aparatos.

Bastidor

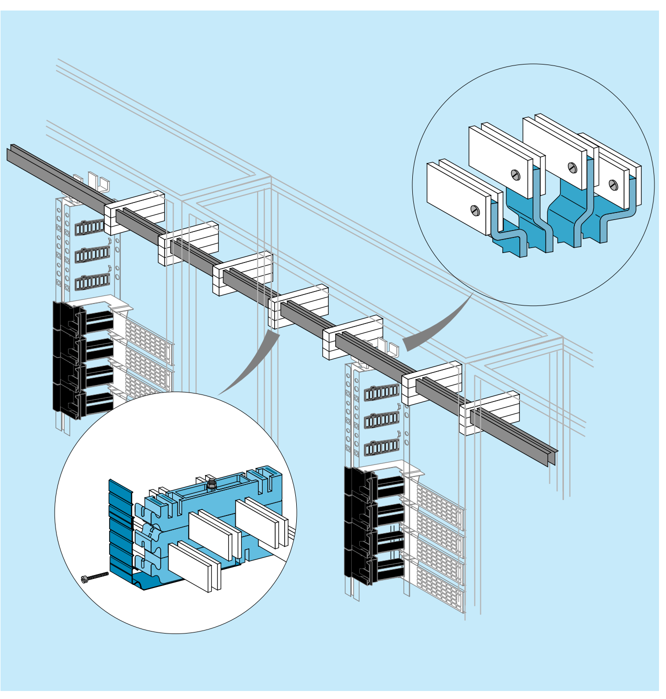
Es un conjunto compuesto por dos montantes verticales perforados, con muescas o sin ellas.
El montaje de los equipos, dependiendo del sistema de fijación, se efectúa enganchándolos o atornillándolos a:
– perfiles horizontales,
– placas perforadas,
– placas compactas,
– un conjunto mixto compuesto por perfiles y placas.
En función de los perfiles o de las placas y, sobre todo, del peso de los equipos, se recomienda utilizar:
– perfiles combinados o simétricos de 35 mm,
– perfiles simétricos de 75 mm,
– montantes en “C” que se usan como soporte de aparatos en lugar de los perfiles horizontales,
– placas perforadas que en su parte trasera llevan un perfil horizontal que sirve de refuerzo.
Generalmente los bastidores se montan en cofres o armarios monobloque.

Chasis

Es el conjunto de uno o varios bastidores yuxtapuestos o colocados uno contra otro por la parte trasera, sujeto al suelo mediante un dispositivo de travesaño/pie de bastidor o a la pared por la parte superior de los montantes. El chasis también puede instalarse en un armario asociable dotado de un juego de barras horizontal en la parte superior para alimentar cada uno de los bastidores.



Bastidores



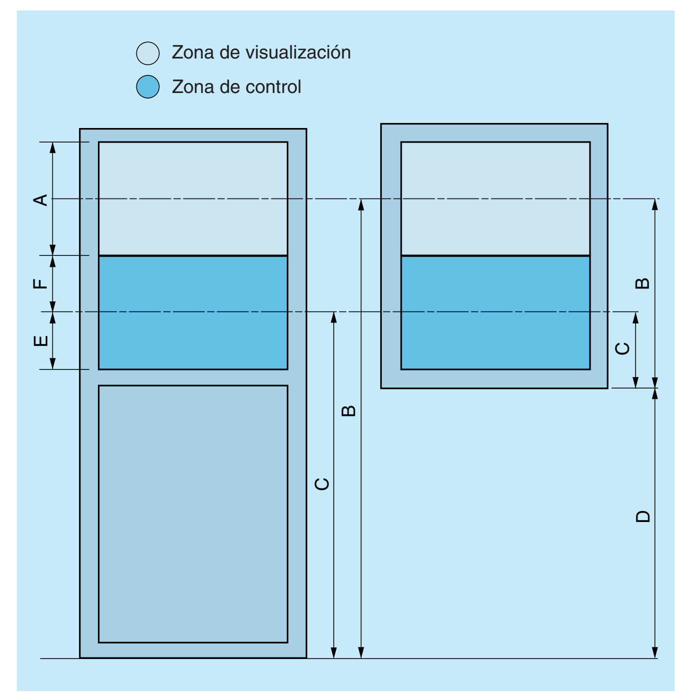
El juego de barras alimenta varios bastidores



Aparatos montados en puerta o placa

Algunos dispositivos de control o de visualización se montan en las puertas de las envolventes o en placas. Con el fin de mantener la ergonomía de los aparatos, éstos deberán colocarse aplicando unas normas que dependen de la naturaleza de los mismos (control o visualización) y de la elevación con respecto al suelo.
En la disposición de los aparatos se ha de tener en cuenta el número de accesorios que se instalarán:
– pocos accesorios: se reparten en el eje horizontal de la zona afectada,
– muchos accesorios: se reparten por toda la zona afectada (ver gráfico).
Algunas puertas y placas llevan refuerzos o accesorios interiores que limitan las posibilidades de implantación.
Además, hay que medir la profundidad de los elementos colocados en la puerta con relación a los que van montados en el bastidor y tener su peso en cuenta.
Las zonas de disposición que se definen en el siguiente cuadro para los equipos en puerta también se aplican a los aparatos en bastidor o en chasis.

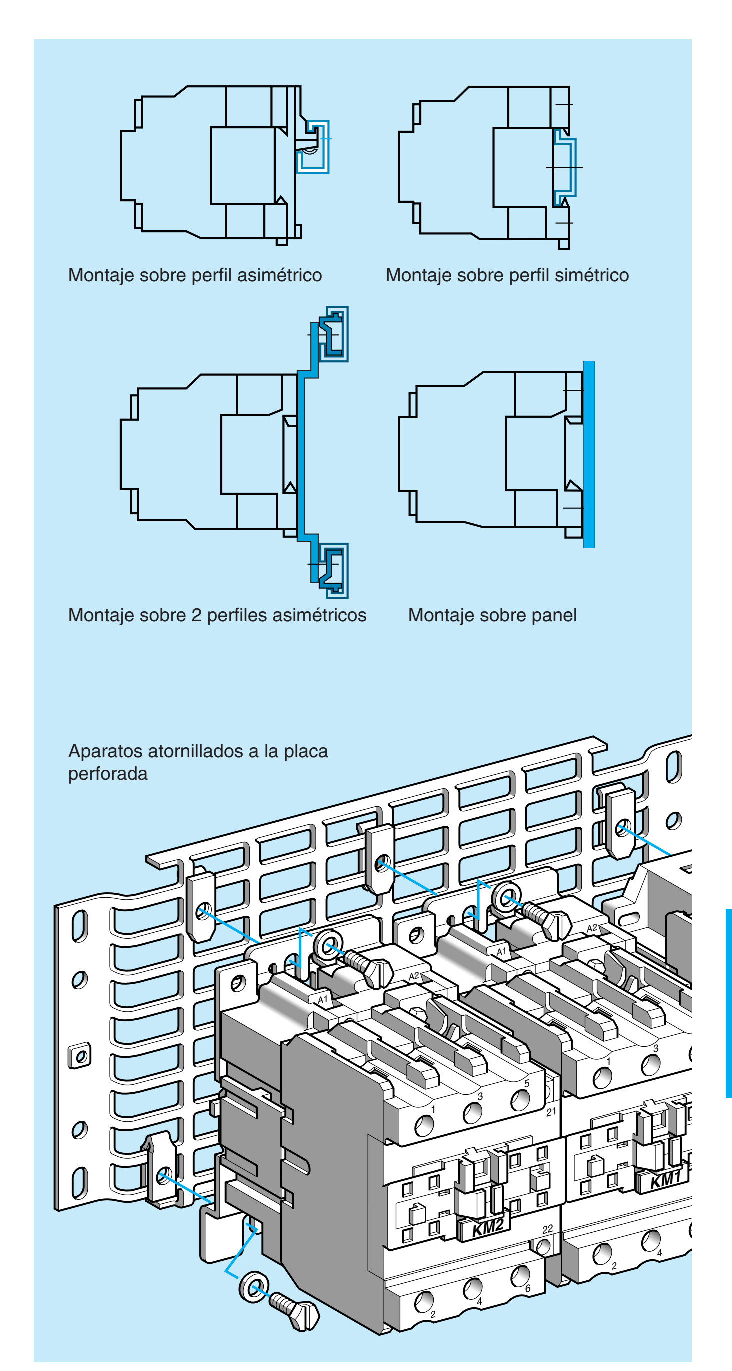
	Altura del armario en mm			
	2100/2025	1800	1600/1500	1200
A	500	350	300	300
B	1650	1450	1350	800
C	1150	1050	850	250
D	–	–	–	850
E	250	150	100	150
F	100	200	150	100



Zonas de disposición de aparatos en puertas

Fijación de los aparatos

De forma general, es conveniente adoptar el siguiente principio para fijar y montar los equipos sobre bastidores o chasis: todos los aparatos deben poder fijarse o montarse por el frente ya que en la mayoría de los casos, los equipos se presentan en cofres o armarios, y resultará más cómodo modificar o añadir aparatos si se puede acceder a las fijaciones por delante.
En el siguiente dibujo se muestran varios ejemplos de montaje de aparatos.



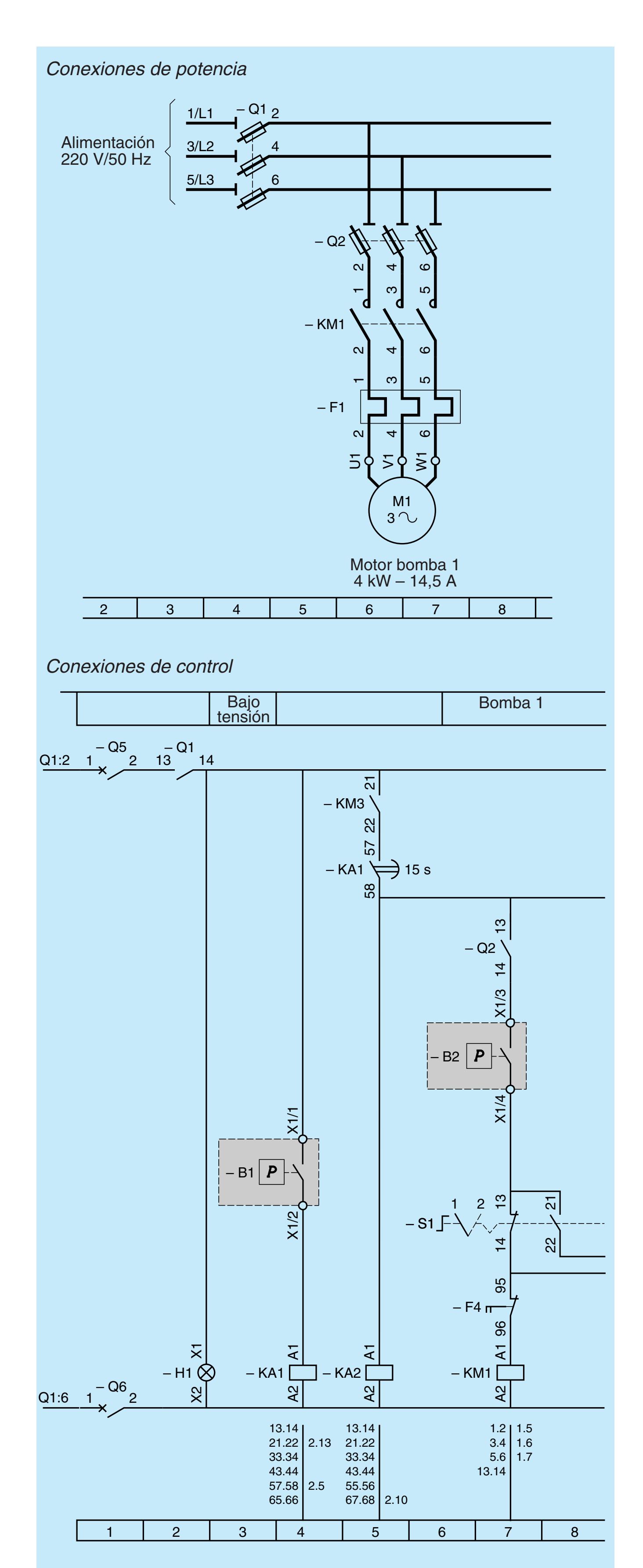
Ejemplos de fijación de aparatos

Cableado

El método de cableado denominado “por medio del esquema de circuitos, representación desarrollada” se basa en la utilización sistemática de las referencias de las bornas de los aparatos, que están consignadas en el esquema de circuitos. Se aplica al cableado de los circuitos de potencia y de control de todos los equipos a base de contactores, sea cual sea la complejidad de éstos.
Este procedimiento supone un ahorro de tiempo para el usuario.
El esquema de circuitos se caracteriza por:
– rapidez en la ejecución: ahorro de tiempo en el diseño,
– claridad: representación sencilla de los circuitos eléctricos,
– fácil interpretación: cableado intuitivo,
– eficacia durante la explotación; facilidad de: comprensión, búsquedas, modificaciones y reparación de averías.
Puede ir acompañado de un plano de disposición o de implantación del material para facilitar la localización de los elementos, o de un esquema complementario de las conexiones exteriores.

Cablear utilizando el esquema de circuitos

Para cablear tanto el circuito de potencia como el de control, se lee la referencia de las bornas del aparato en el esquema de circuitos y se realizan las conexiones de sección adecuada entre las referencias correspondientes en el equipo.
Por ejemplo, se unirán:
– la borna 2 del seccionador Q1 y la borna 1 del relé térmico F1,
– la borna 22 del contacto KM3 y la borna 57 del contacto KA1.



Ensayos en plataforma

Los ensayos en plataforma tienen como objeto corregir los posibles errores cometidos en la construcción del equipo. Es necesario comprobar que:
– el material es el mismo previsto en los planos y que está correctamente montado,
– el cableado es conforme a los esquemas,
– el funcionamiento se ajusta a las especificaciones del pliego de condiciones.
Algunas de estas comprobaciones deben llevarse a cabo con el equipo bajo tensión, por lo que es importante cumplir las siguientes normas:
– los ensayos en plataforma siempre los llevará a cabo personal cualificado y habilitado para intervenir en materiales eléctricos bajo tensión,
– se tomarán todas las precauciones habituales para garantizar la seguridad de las personas, de acuerdo con la legislación vigente.

Control de conformidad del material

Consiste en realizar un examen del aspecto físico del equipo y comprobar que:
– dispone de todos los documentos contractuales (esquema, nomenclatura, implantación, etc.),
– el material montado en el bastidor es el que se menciona en dichos documentos,
– la disposición y el montaje del material son los indicados en dichos documentos,
– el material no ha sufrido deterioro mecánico,
– las referencias de los distintos elementos están marcadas en los aparatos, y los elementos montados en las puertas llevan sus correspondientes etiquetas de referenciado,
– la tensión de todos los aparatos equivale a la tensión de utilización,
– están puestas las bombillas de todos los pilotos y corresponden a la tensión de utilización,
– el calibre de los aparatos es el indicado en los esquemas,
– el calibre y el tipo de fusibles es conforme (los montadores de plataformas suelen instalar fusibles estándar),
– los borneros están debidamente referenciados, montados y que tienen una sección suficiente para que pueda conectarse con facilidad el cableado exterior. Hay que asegurarse en particular de que las bornas de masa están debidamente aisladas de las bornas vecinas (posición correcta de las tapas aislantes),
– se respetan las distancias entre bornas, aparatos y masas, así como los perímetros de seguridad,
– las características de los distintos componentes se ajustan a su utilización,
– se cumplen las normas de construcción o las especificaciones sobre control.
Este control deberá reflejarse en un documento específico o en el esquema de implantación, visado por el operador, para probar que dicha operación se ha efectuado realmente.

Control del apriete de las conexiones

Antes de proceder al ensayo eléctrico del equipo, se debe comprobar que todas las conexiones de control y potencia están bien apretadas. Esto es importante ya que una conexión floja puede provocar distintos incidentes: calentamiento anormal, caída de tensión, cortocircuito.
A continuación, el operador podrá regular el valor de la corriente de accionamiento de los relés de protección térmica visualizando, en la pantalla de reglaje de cada relé, la corriente indicada en el esquema, al lado de la potencia de los motores.

Comprobación del circuito de potencia

Se hace con el equipo sin tensión y permite asegurarse de que el cableado potencia se corresponde con el esquema. En la mayoría de los casos, al no disponer de los motores el operador, se realiza utilizando una lámpara-test.

Comprobación del circuito de control - Control hilo a hilo

Se suele llevar a cabo con el equipo bajo tensión y su objeto es comprobar que el cableado del circuito de control es conforme al esquema. También permite verificar el correcto funcionamiento de los aparatos.
Para realizar los ensayos con la mayor seguridad, es imprescindible separar totalmente el circuito de potencia del circuito de control durante toda la duración de los mismos. Se recomienda además aislar los conjuntos electrónicos como variadores de velocidad y autómatas programables, para evitar la inyección de tensiones que podría acarrear destrucciones parciales o totales.
El cableado se comprueba "línea a línea". Debe comprobarse la acción de cada contacto, incluidas las de los contactos exteriores, cortocircuitando las correspondientes bornas.
Debe controlarse la continuidad de masas.
En los equipos de reducidas dimensiones, el control hilo a hilo puede realizarse sin tensión, usando una lámpara-test o un ohmiómetro.

Ensayo de conjunto

El ensayo de conjunto consiste en simular todas las fases de funcionamiento de la máquina o del proceso, en el orden en el que deben realizarse y en controlar interrelaciones y seguridades.
Conviene prever una alimentación de potencia suficiente y realizar las interconexiones y las conexiones en unas placas de ensayos que sustituyen a los auxiliares de control exteriores por interruptores, pulsadores, etc.
El objeto del ensayo de conjunto es asegurarse de que el funcionamiento del equipo es el que se describe en el pliego de condiciones. También permite comprobar las incidencias de una falsa maniobra en el control de la máquina o del proceso, el deterioro de un elemento de control exterior (interruptor de posición, detector…), etc.
Para los equipos con variadores de velocidad electrónicos, además de la simulación debe realizarse un ensayo dinámico con los motores de la instalación o, en su defecto, con un motor de pruebas que tenga unas características comparables.

Control de aislamiento

La calidad del aislamiento de un dispositivo se mide en megaohmios (1 MΩ = 10^6 Ω) con ayuda de un megaohmímetro.
El aislamiento se mide:
– entre dos conductores aislados uno de otro,
– o entre un conductor aislado de la tierra y de las masas por una parte, y las masas puestas a tierra por otra.
Tras desenchufar los aparatos y los circuitos sensibles, se comprueba el aislamiento del cableado de cada circuito, entre bornas por una parte, y entre bornas y tierra de protección por otra. Se comprueba además el aislamiento de los conductores de los órganos de corte, a ambos lados de los mismos.
El siguiente cuadro indica los valores de tensión que deben utilizarse para medir el aislamiento y el valor de resistencia de aislamiento que se debe obtener.

Medida de aislamiento		
Tensión nominal del circuito	Tensión continua de ensayo de aislamiento	Resistencia de aislamiento
< 48 V	250 V	≥ 0,250 MΩ
48 V < U < 500 V	500 V	≥ 0,5 MΩ
U > 500 V	1 000 V	≥ 1MΩ

Ensayos dieléctricos

Permiten poner a prueba la rigidez dieléctrica de la aparamenta a una tensión alternativa definida en función de la tensión nominal de aislamiento del circuito.
La rigidez dieléctrica se expresa por la resistencia a una tensión de ensayo aplicada entre conductores activos y la masa del bastidor. El ensayo se considera satisfactorio cuando no se produce descarga eléctrica o derivación.
Se utiliza un puente de descarga eléctrica que libera una tensión alternativa cuyo valor se puede regular a una frecuencia situada entre 45 y 55 Hz. Este aparato puede proporcionar una tensión elevada con una corriente muy baja.
Al aplicarla, la tensión de ensayo no debe sobrepasar el 50% del valor indicado en el siguiente cuadro. Luego aumenta progresivamente hasta alcanzar en pocos segundos el valor especificado. Después, la tensión se mantiene durante un minuto.
Cuando el equipo incluye aparatos electrónicos, los ensayos dieléctricos no pueden realizarse a posteriori. Para evitar cualquier destrucción, dichos ensayos deben realizarse a medida que se va montando y cableando.

Ensayo dieléctrico	
Tensión nominal de aislamiento Ui	Tensión de ensayo dieléctrico (U alternativa eficaz)
60 V ≤ Ui	1 000 V
60 V < Ui ≤ 300 V	2 000 V
300 V < Ui ≤ 660 V	2 500 V

Puesta en servicio de un equipo

Todos los aparatos que salen de fábrica son comprobados por especialistas antes de su expedición, regulados o calibrados con la mayor precisión.
Debe evitarse modificar los reglajes, salvo para los relés de protección y los contactos auxiliares temporizados cuyo reglaje puede perfeccionarse in situ según las condiciones de funcionamiento.
Al igual que en los ensayos en plataforma, la instalación de un equipo in situ comporta tareas que se realizan bajo tensión, por lo que se aplicarán las mismas normas: intervención de personal cualificado y habilitado y cumplimiento de la normativa sobre seguridad.

Instalación

Al recibir el equipo

Se debe comprobar:
– la ausencia de golpes en las envolventes,
– que la parte móvil de los contactores no ha sido manipulada o desplazada,
– que no se ha introducido ningún cuerpo extraño en el entrehierro del circuito magnético o entre los contactos,
– que la parte móvil de los contactores y los seccionadores, así como los dispositivos de disparo de los relés protección, funcionan libremente,
– la eficacia de los dispositivos de cierre (cofres, armarios),
– la estanqueidad de las juntas (para el material estanco),
– el buen estado de los auxiliares de control, de señalización así como de los aparatos de medida situados en las puertas,
– la presencia de los esquemas y de las instrucciones de servicio.

Antes de conectar los conductores exteriores

– comprobar la tensión y la frecuencia de la(s) red(es) de alimentación de los circuitos de potencia y control,
– comprobar que el tipo y el calibre de los fusibles y de los relés de protección están adaptados a los receptores que hay que proteger.

Fijación y conexión del equipo

– determinar la sección de los cables de conexión en función de la corriente absorbida por las máquinas controladas. Para limitar las caídas de tensión, aumentar la sección de los hilos y cables que alimentan los circuitos de control y de potencia cuando la línea tiene una longitud importante o cuando el control se realiza en muy baja tensión.
– en los conjuntos equipados con prensaestopas, la funda de los conductores debe introducirse en la junta de goma del prensaestopas. Al apretar, éste debe inmovilizar totalmente el cable.
– efectuar las conexiones exteriores siguiendo escrupulosamente el esquema.
– cumplir con las normas de instalación vigentes. Existe a tal efecto una borna referenciada en los cofres, los armarios y los auxiliares de control para la conexión de las masas al conductor exterior de protección.
– se recomienda, en los aparatos que se utilicen en ambientes especialmente corrosivos o tropicales, aplicar una capa de barniz aislante en las bornas después de conectarlas.

Reglaje de los relés térmicos de protección

Las regulaciones en amperios corresponden a la corriente absorbida por el motor. El reglaje se obtiene visualizando, en el potenciómetro de ajuste, el valor que corresponde a la corriente absorbida (leer en la placa de características del motor la corriente de carga completa correspondiente a la tensión de la red). En el caso de un arrancador estrella-triángulo, cuando el relé está directamente conectado en serie a los enrollamientos del motor, el valor de reglaje debe ser $I / \sqrt{3}$, siendo I la corriente absorbida por el motor. Al estar compensados los relés de protección térmica, no es necesario corregir el reglaje en función de la temperatura ambiente, dentro de los límites indicados en las fichas técnicas.

Ensayos de conjunto

Una vez efectuada la conexión de la línea de alimentación y la de todos los circuitos exteriores de potencia y de control, se puede proceder a los ensayos de conjunto del equipo, que se realizan en dos fases:

Ensayo en vacío

El objetivo es comprobar que todas las conexiones (auxiliares de control y señalización, captadores, interruptores de seguridad, etc.) se han efectuado correctamente y son conformes al esquema. Para realizar esta prueba es necesario cortar la alimentación de todos los receptores:
– sacando los cartuchos fusibles que protegen el circuito de potencia de su zócalo,
– o poniendo el seccionador general en posición de ensayo, sin cerrar el circuito de potencia (seccionador cerrado, barretas quitadas, o cajón portafusibles abierto).
Estando alimentado el circuito de control, una acción sobre el auxiliar de control de arranque debe provocar el cierre del o de los contactores correspondientes y, en equipos más complejos, el arranque del ciclo automático. En este punto, se recomienda manejar manualmente los aparatos exteriores, o simular su funcionamiento, y provocar sistemáticamente y a conciencia todas las anomalías de control y de funcionamiento con el fin de comprobar la eficacia de los circuitos de control, interrelación, seguridad y señalización.

Ensayo en carga

Estando alimentado el circuito de potencia, se realiza un ensayo en carga para controlar la exactitud de la conexión y el funcionamiento de los distintos receptores. Dicho ensayo puede completarse por una serie de tests para comprobar que el equipo automático realiza correctamente el desarrollo de las distintas funciones mecánicas de la instalación.

Reparación de averías

Dada la variedad de equipos de automatismo, no resulta posible definir un procedimiento de reparación de averías común a todos los esquemas. No obstante, como ejemplo, describiremos el procedimiento que se emplearía para reparar el equipo para estación de bombeo cuyo esquema aparece al final de este capítulo.

Comprobaciones preliminares

– comprobar la tensión en las bornas de entrada con un voltímetro,
– comprobar que el cierre de los seccionadores es correcto y que sus contactos auxiliares funcionan correctamente,
– comprobar que los disyuntores de control y los relés de protección están rearmados.

Procedimiento de reparación de averías

• **El contactor auxiliar KA1 no se acciona** aunque hay agua en el depósito de cabeza y el contacto del presostato B1 está cerrado.
Comprobar la tensión en las bornas de la bobina:
♦ la tensión es nula
– desconectar el equipo,
– comprobar el apriete de las bornas y el contacto del presostato,
– con una lámpara-test, probar todos los puntos del circuito de control procediendo desde la salida hacia la entrada.
♦ la tensión es normal
– comprobar que la tensión indicada en la bobina es sensiblemente la misma que la indicada en el voltímetro,
– comprobar que las conexiones de la bobina están apretadas,
– cambiar la bobina si es preciso.

• **El contactor solicitado no se cierra completamente**
– el contactor ha sufrido un choque mecánico que ha bloqueado la parte móvil en mayor o menor medida. Para detectar este defecto sólo hay que maniobrar la parte móvil del circuito magnético (equipo sin tensión),
– la tensión de la red es demasiado débil,
– la bobina no está adaptada a la tensión real de la red,
– la longitud de los hilos de control o la sección insuficiente de los mismos crea una caída de tensión demasiado elevada en el momento de la llamada.

• **El contactor auxiliar KA1 se cierra pero el contactor KM1 permanece abierto**
– comprobar el estado de los contactos 21-22 de KM3, 57-58 de KA1, del presostato B2, 13-14 del conmutador S1, 95-96 del relé F4.

• **El contactor KM1 se cierra pero el motor se para al arrancar**
– comprobar que el relé térmico está bien calibrado para la corriente absorbida por el motor (o es que se ha abierto el contacto 95-96 de F4),
– ver si el arranque del motor produce una caída de tensión importante en la línea de alimentación (tensión insuficiente para permitir el cierre de KM1).
En equipos más complejos, se recomienda examinar atentamente el esquema y dividirlo en esquemas elementales que correspondan cada uno a una función determinada, y controlar metódicamente los esquemas parciales.
De este modo, en el esquema para estación de bombeo, si no funciona el avisador acústico aun habiéndose accionado el relé térmico F4, basta con comprobar el circuito que lo alimenta y en particular la eficacia de los contactos 97-98 de F4 y 21-22 de KA3.

Mantenimiento

Los aparatos fabricados por Telemecanique casi no requieren mantenimiento. No obstante, cabe señalar algunos aspectos importantes.

El electroimán del contactor

Si el circuito magnético hace ruido, comprobar:
– la tensión de la red de alimentación. Un electroimán vibra cuando está alimentado por una tensión alternativa inferior que aquella para la que ha sido diseñado,
– que no se ha introducido ningún cuerpo extraño entre las partes fija y móvil del circuito magnético,
– la limpieza de las superficies rectificadas, que nunca se deben pintar, rascar o limar.
Si están muy sucias, limpiarlas con gasolina o tricloretileno.

La bobina del contactor

Si fuera necesario cambiar una bobina (por ejemplo en caso de cambio de la tensión del circuito de control), la nueva bobina se definirá en función de la tensión real de alimentación del circuito de control. Entonces permitirá:
– el cierre del contactor cuando la tensión alcanza el 85 % de su valor nominal,
– la apertura del contactor cuando la tensión se vuelve inferior al 65 % de su valor nominal,
– soportar permanentemente una tensión correspondiente al 110 % del valor nominal.
El deterioro de la bobina puede ser causado por:
– el cierre incompleto del circuito magnético, tras un incidente mecánico o una tensión del circuito de control inferior al 85 % del valor nominal. En corriente alternativa, esto acarrea la disminución de la reluctancia del circuito magnético, y en corriente continua, la ineficacia del sistema de reducción de consumo cuyo contacto no se ha abierto. También provoca una presión insuficiente en los polos que se calientan de forma anormal y que pueden soldarse si la corriente que pasa por ellos es la corriente absorbida por un motor durante el arranque,
– un circuito de control mal adaptado,
– una tensión de alimentación superior al 110 % del valor nominal.
En todos los casos se deteriora la bobina ya que la energía disipada por efecto Joule es superior a la normal. Para evitar estos incidentes hay que utilizar bobinas adaptadas a la tensión medida en las bornas de alimentación de los equipos.

Los polos del contactor

El conocimiento de la potencia controlada y de la categoría de empleo (por ejemplo, corte de motores de jaula lanzados) permite determinar la durabilidad eléctrica de los contactos de un contactor o elegirlo en función del número de maniobras estimadas.

♦ Contactor
Los polos de un contactor no requieren mantenimiento.
Por ejemplo, en la categoría AC-3, un contactor que alimenta el motor de un compresor que arranca 6 veces por hora y que funciona 24 horas al día tendrá una vida útil de:

$$\frac{2.500.000}{6 \times 24} = 17.360 \text{ días, o sea unos 50 años sin mantenimiento.}$$

♦ Contactor de traslación y de rotación > 80 A
Cuando los contactos llevan efectuados muchos cortes, pueden dar sensación de desgaste.
La única forma de evaluar el grado de desgaste es comprobar periódicamente la cota de presión o vigilar, en determinados calibres, el indicador de desgaste general.
Durante el período de utilización nunca se deben hacer reglajes de la cota de presión. Cuando ésta se encuentra entre un 20 y un 50 % de la cota inicial hay que cambiar los contactos.
Tras realizar esta operación:
– es necesario alinear los contactos según la cota inicial de presión,
– es aconsejable limpiar los laterales de la cámara apagachispas, rascándolos,
– es imprescindible revisar el par de apriete de los tornillos.

Contactos auxiliares del contactor

No requieren ningún mantenimiento ni reglaje, excepto la duración de la temporización en los contactos auxiliares temporizados.

Relés térmicos

Sin mantenimiento. En todo caso, el reglaje del valor de la corriente de accionamiento que depende de la corriente absorbida por el receptor.

Envolventes

Engrasar periódicamente las bisagras y el dispositivo de cierre. En cofres y armarios estancos, asegurarse de la eficacia de los dispositivos de estanqueidad (juntas, prensaestopas, cajas de cables). Usar un aspirador para la limpieza, nunca aire comprimido.

LO QUE NUNCA HAY QUE HACER

– limar o engrasar los contactos,
– modificar una pieza o sustituirla por una pieza de recambio inadecuada,
– rearmar un relé de protección sin averiguar antes la causa del disparo y eliminarla,
– cambiar un fusible y volver a poner el equipo bajo tensión sin haber solucionado el defecto,
– dejar abierto un cofre o un armario sin necesidad, especialmente en ambientes polvorientos.

Aplicaciones

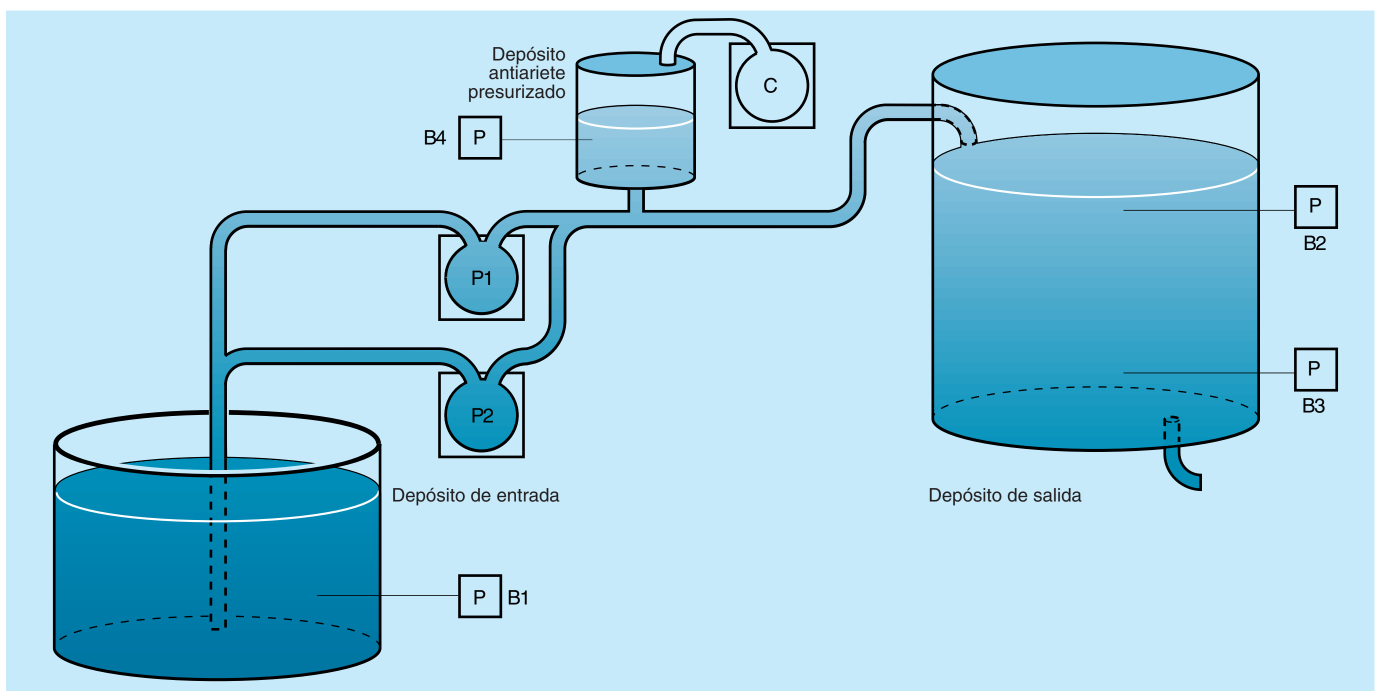
Como soporte para ilustrar las distintas etapas del diseño y la realización de un equipo automático, hemos elegido la instalación de una estación de bombeo y la de una estación de sobrepresión.
Pero antes de presentar estas dos aplicaciones (la primera utiliza contactores y la segunda variadores de velocidad) resulta interesante comparar ambas soluciones haciendo un balance energético.

De la válvula a la variación de velocidad

En una estación de bombeo, el caudal suele estar controlado por una válvula, cuya apertura se regula en función de la demanda. Una técnica sencilla que requiere una inversión moderada. En contrapartida, esta solución, que tiene un rendimiento muy bajo, supone elevados costes de consumo de energía.
Se puede mejorar el rendimiento modulando el caudal por fases de puesta en marcha y parada de la bomba, controladas por los niveles mínimo y máximo del depósito que hay que llenar. El mayor inconveniente de esta técnica reside en el golpe de ariete que se genera cada vez que la bomba se pone en marcha o se para. La tercera solución es regular la velocidad de rotación de la bomba mediante un variador de velocidad. Una técnica fácil de aplicar y que permite adaptar con precisión la potencia liberada a la necesidad instantánea real. Se considera que para una misma reducción del caudal, por ejemplo del 30%, la solución de la variación de velocidad consume la mitad de energía que la solución de la válvula. El ahorro es mayor a medida que se reduce el caudal.

Estación de bombeo

La instalación incluye básicamente:
– tres depósitos: de entrada, de salida, antiariete presurizado,
– dos bombas P1 y P2 arrastradas cada una por un motor trifásico 220 V - 4 kW,
– un compresor C, motor trifásico 220 V - 2 kW.
El operador dispone de:
– un conmutador S1 para la permutación de las bombas P1 y P2,
– un conmutador S2 para el control del compresor,
– un pulsador que interrumpe la señal acústica,
– pilotos de señalización montados en la puerta del cofre: falta de agua, disyunción de las bombas P1 y P2, disyunción del compresor, así como de un avisador acústico.



Sinóptico de la estación de bombeo

Principio de funcionamiento

Presostato B1 (falta de agua)

Controla el nivel en el depósito de entrada. Su contacto se cierra a alta presión (nivel alto) y se abre a baja presión (nivel bajo).
Un relé KA1, temporizado en reposo, impide que se paren las bombas por efecto de ola (contacto 58-57, esquema inferior).

Presostatos B2 y B3

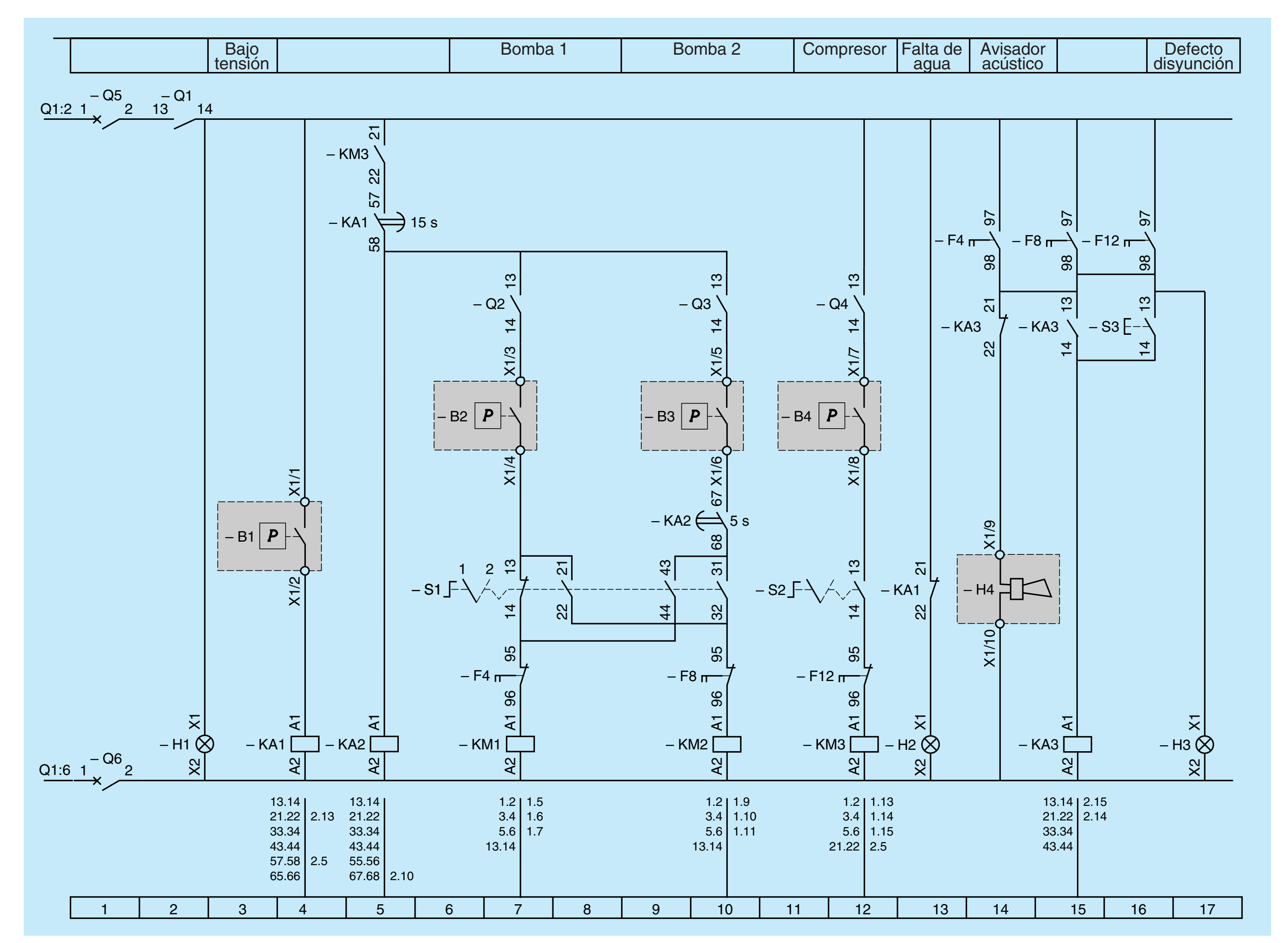
Están regulados con valores de presión diferentes y controlan cada uno un nivel del depósito de salida. Dentro de su gama de reglaje, el contacto se cierra a baja presión (nivel bajo) y se abre a alta presión (nivel alto).
Si el contacto de B2 está cerrado mientras que está abierto el de B3, sólo arranca una bomba.
Si los contactos de B2 y B3 están cerrados, arrancan las dos bombas. Cuando la presión medida por B3 alcanza el punto de reglaje (alta presión), el contacto provoca la parada de una bomba.
Cuando el nivel del depósito es bajo y las dos bombas deben funcionar simultáneamente, un relé KA2 temporizado "trabajo" retrasa el arranque de la segunda bomba: arranque en cascada (contacto 67-68 esquema inferior).

Presostato B4

Controla la presión en el depósito antiariete presurizado.
El compresor se controla manualmente (conmutador S2) e impide el funcionamiento de las dos bombas cuando está en servicio (contacto 21-22 de KM3).

Conmutador S1

Da prioridad a la bomba P1 o a la bomba P2 para repartir los tiempos de funcionamiento.
Efectivamente, muchas veces el nivel del depósito no está en el punto más bajo y el presostato B2 es el que manda.
Si no hubiera posibilidad de permutación, la misma bomba estaría en servicio demasiado a menudo.



Esquema de control

Elección del material

Q1	- 1 seccionador GK1-EK
KM1-KM2	- 2 contactores LC1-D18
F1-F2	- 2 relés de protección térmica LR2-D
KM3	- 1 contactor LC1-D95
F3	- 1 relé de protección térmica LR2-D
KA1	- 1 contactor auxiliar CA2 DN31 + bloque temporizado LA3-D
KA2	- 1 contactor auxiliar CA2-DN31 + bloque temporizado LA2-D
KA3	- 1 contactor auxiliar CA2-KN31
Q5-Q6	- 2 disyuntores control GB2
X1	- 10 bornas AB1-VV
T	- 1 borna tierra AB1-TP (para cofre)
T1	- 3 bornas de toma de corriente DZ3-GA3
H1	- 1 piloto XB2-BV74
H2-H3	- 2 pilotos XB2-BV75
S1	- 1 conmutador 2 posiciones XB2-BD25
S2	- 1 conmutador 2 posiciones XB2-BD21
S3	- 1 pulsador XB2-BA21
B1 a B4	- 4 presostatos tipo XMJ-A

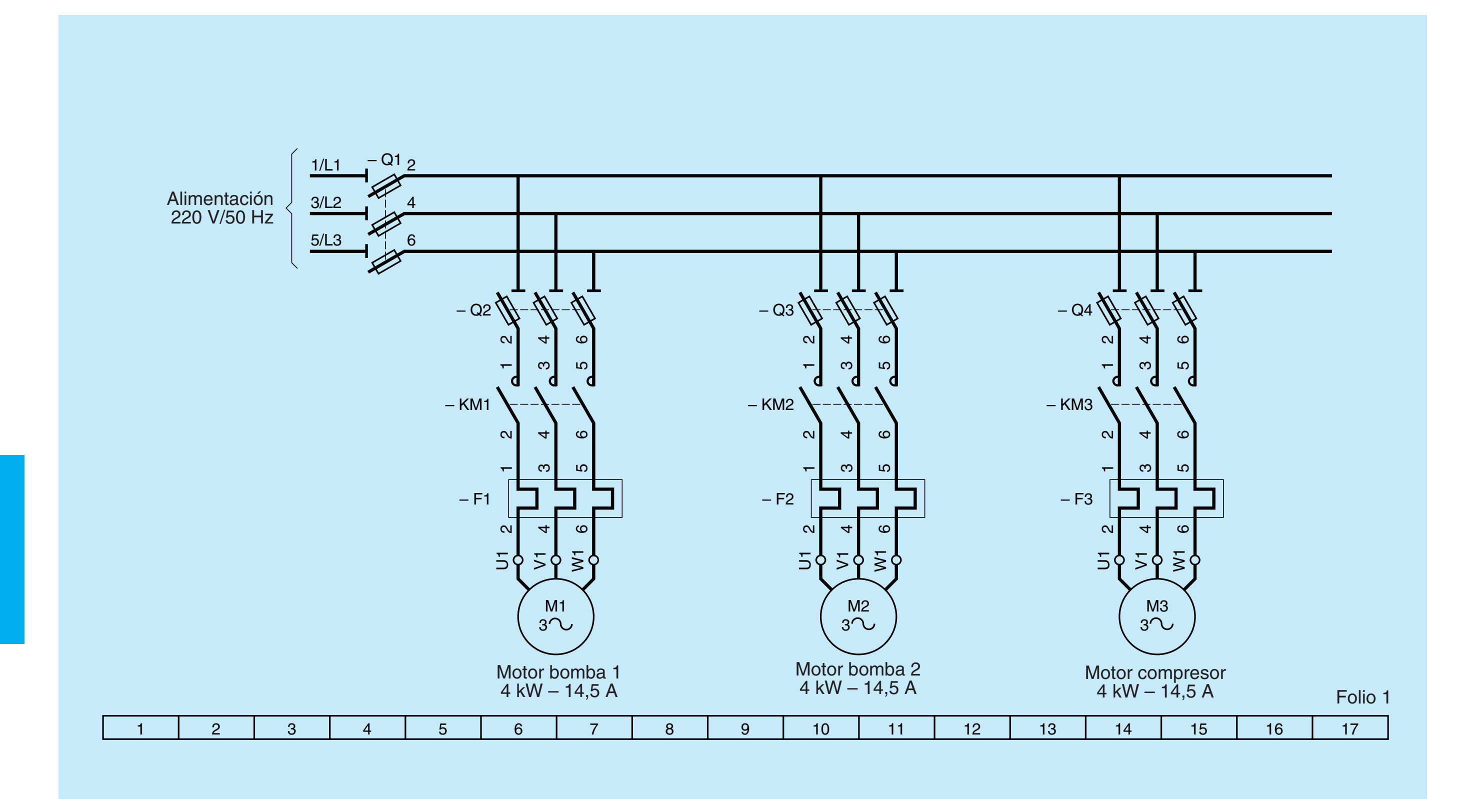
Auxiliares de equipos:
1 cofre metálico ACM-BP442 (azul) o ACM-GP442 (gris RAL 7032)

Implantación del material y cálculo de las dimensiones

Para determinar las dimensiones del equipo para estación de bombeo por el método de "cálculo de las superficies", se procederá de la siguiente forma:
con ayuda del catálogo, sumar las superficies de los aparatos utilizados (en dm^2):

– 1 seccionador GK1-EK		0,8
– 11 portafusibles DF6	0,15 × 11	1,65
– 3 contactores + relé (LC1-D + LR2-D)	0,6 × 3	1,8
– 3 contactores auxiliares CA2	0,3 × 3	0,9

lo que representa un total de 5,15 dm^2.
Al ser la superficie de los aparatos inferior a 34 dm^2, se aplicará un coeficiente de aumento de 2,2, con lo que se obtiene una superficie real de 11,33 dm^2. Como el equipo va montado en un cofre metálico, el catálogo Telemecanique recomienda la referencia ACM-GP442 o BP442.



Esquema de potencia

Estación de sobrepresión

Para describir las etapas de la realización de un equipo que incluye material electromecánico (contactores, seccionador), electrónica de potencia (Altistart y Altivar) y un autómata, hemos elegido una estación de sobrepresión.

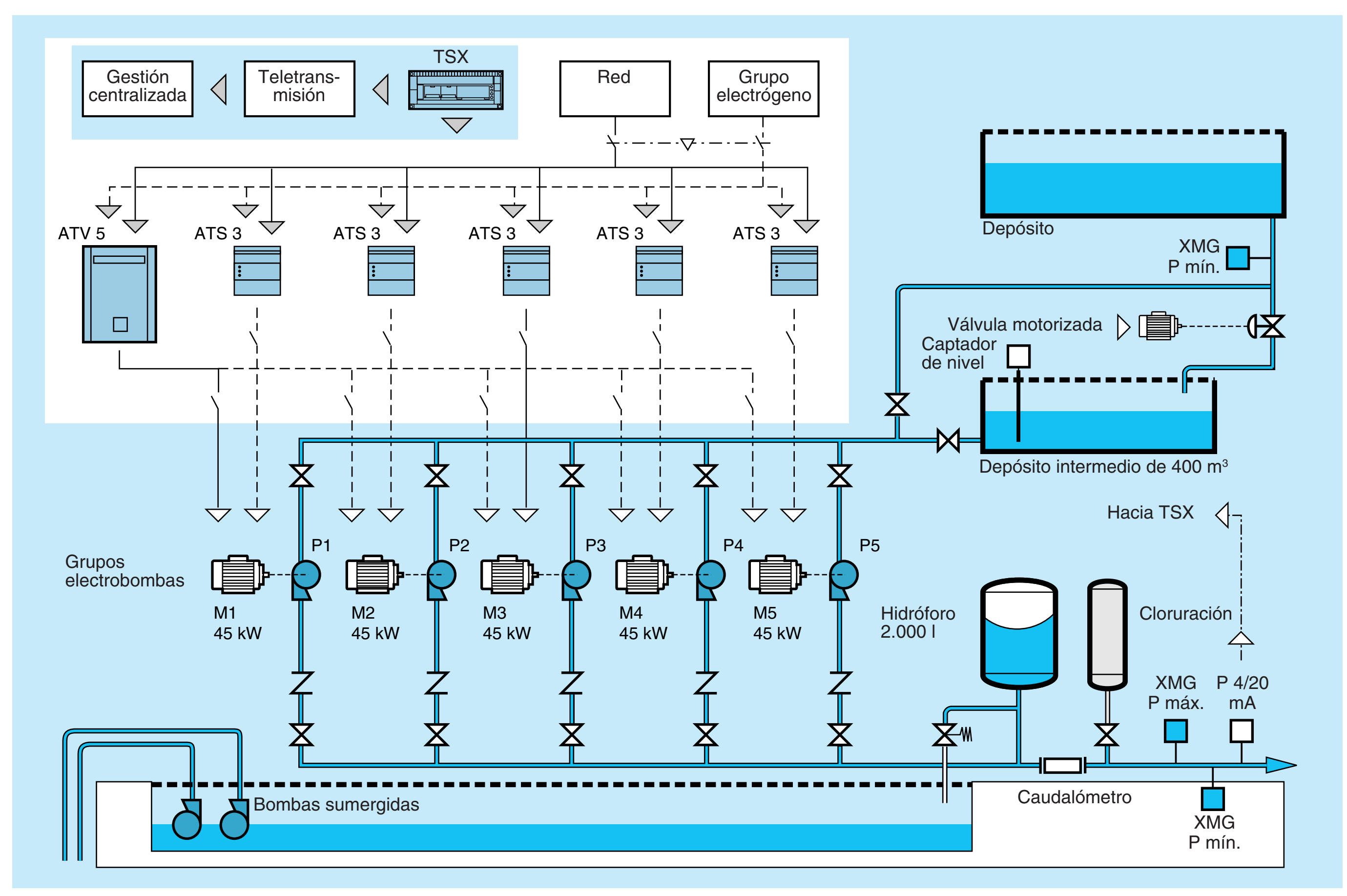
Descripción de la instalación

Las estaciones de sobrepresión van sustituyendo a las arcas de agua, cada vez con más frecuencia. Su función es mantener la presión del agua en la red a un valor constante sea cual sea el consumo.
La instalación dispone de un depósito intermedio enterrado de 400 m^3, alimentado por la red. Una válvula motorizada, asociada a un captador de ultrasonidos, regula el nivel de dicho depósito manteniendo una presión suficiente en la red de entrada.
La presión en la red de distribución está asegurada por cinco bombas, arrastradas por motores asíncronos de 45 kW. Cada bomba puede verter 100 m^3/h con una presión de 10 bares.
Además, la importancia logística de defensa contra incendios exige que la estación pueda garantizar un caudal de 300 m^3/h con 1 bar. Unas válvulas permiten equilibrar los caudales en función de las pérdidas de carga ligeramente distintas en cada salida, y el aislamiento de las bombas para operaciones de mantenimiento.

En caso de golpes de ariete importantes, debidas a un corte general de la alimentación eléctrica por ejemplo, la protección de las canalizaciones está garantizada por un globo hidróforo antiariete de 2.000 litros.
Además, una válvula de descarga, tarada en 10,5 bares, evita subidas de presión peligrosas. Una ligera cloruración por válvula regulada a la salida viene a completar la instalación.

Objetivos

– garantizar una distribución sin corte con una presión suficiente (5 a 7 bares),
– garantizar un caudal mínimo de 40 m^3/h en horas bajas, hasta un caudal máximo en horas punta,
– eliminar cualquier golpe de ariete que pueda acarrear la fatiga prematura de las instalaciones hidráulicas, y limitar las caídas de tensión en el arranque de cada bomba,
– repartir la carga en las distintas bombas de modo que tengan un envejecimiento homogéneo,
– garantizar el funcionamiento automático de la instalación, sin presencia humana, y poder por lo tanto disponer a distancia de todos los datos útiles para la supervisión.
El operador dispone:
– de 2 seccionadores generales, QGE para la alimentación por grupo electrógeno, QR para la alimentación de red,



Sinóptico de la estación de sobrepresión

– un inversor de contactor normal-emergencia KMGE/KMR,
– 6 seccionadores de fusibles para proteger las salidas-motores:
• Q1 a Q5 para las salidas con arrancador progresivo Altistart,
• Q6 para la salida con variador de velocidad Altivar,
– 6 contactores para la puesta bajo tensión de las salidas del variador o de los arrancadores, KM6 y KM1 a KM5,
– 10 contactores para elegir o aislar los motores:
• KM11 a KM51: selección de la bomba alimentada por el variador,
• KM12 a KM 52: selección de las bombas que deben ponerse en servicio en modo todo o nada,
– 5 relés térmicos F1 a F5 para proteger las bombas contra sobrecargas,
– 5 conmutadores de elección de funcionamiento Manual-Parada-Automático para las 5 bombas.

La solución

Una de las bombas tiene velocidad de rotación variable, las demás son de velocidad fija.
La presión se regula variando la velocidad de una de las 5 bombas alimentada por el convertidor de frecuencia Altivar.
Cuando el consumo de agua es bajo, esta bomba es la única que está en servicio.
Si el consumo aumenta, desde el momento en el que esta bomba alcanza su velocidad máxima, las otras bombas van arrancando sucesivamente para proporcionar el caudal necesario. La bomba de velocidad variable adapta su caudal para regular la presión.
Si se reduce el consumo, el proceso se invierte y se disparan sucesivamente las bombas de velocidad fija.
Para evitar golpes de ariete, el arranque y la parada de las bombas de velocidad fija se realiza de forma progresiva por medio de arrancadores ralentizadores Altistart.

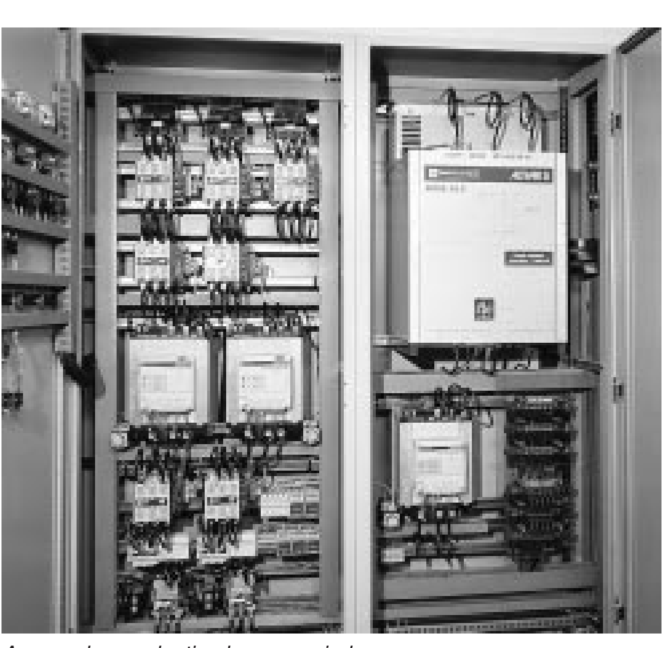
La distribución sin cortes queda asegurada por el fraccionamiento del caudal en varias bombas y por múltiples dispositivos de seguridad y redundancias. En particular, un grupo electrógeno de 450 kVA puede retomar el funcionamiento normal en menos de un minuto después de un corte.
La presión en la red se regula por ajuste automático del caudal en función de la medida de la presión de salida. Con este fin, la señal analógica 4-20 mA del captador permite a un autómata programable elaborar la consigna de velocidad dirigida al variador.
El autómata reparte la carga gracias a una lógica de permutación diaria que afecta a la bomba de velocidad variable y a las bombas de velocidad fija. Además, para repartir uniformemente los tiempos de funcionamiento en todas las bombas, se realiza una permutación, a la vez en la bomba de velocidad variable y en las bombas de velocidad fija. En caso de disparo térmico de uno de los motores, existe una solución de sustitución automática.
La teletransmisión permite disponer en todo momento de toda la información necesaria sobre la explotación (niveles de agua y de fuel, presión de salida, caudal, etc.).

Elección del material

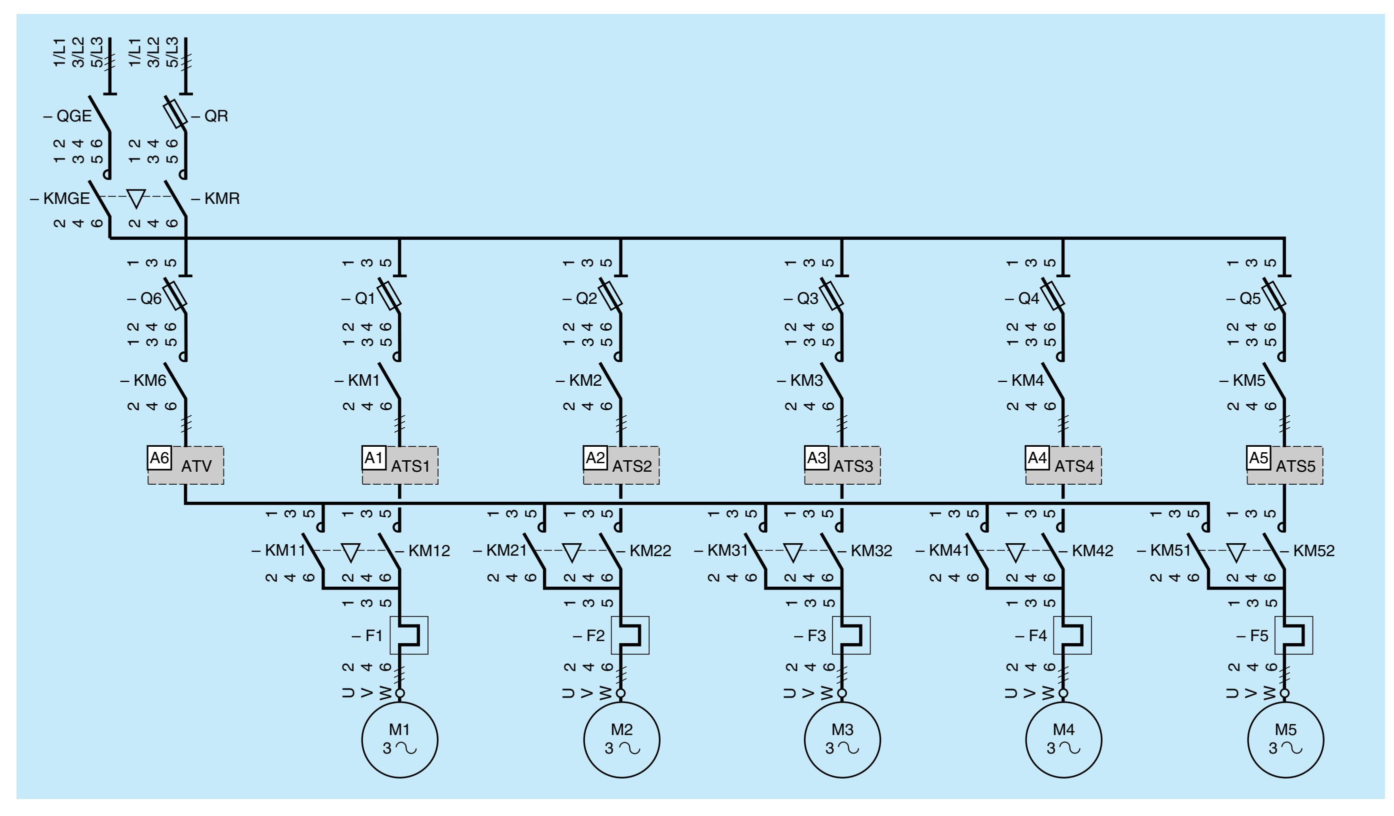
– QGE y QR: 2 seccionadores DK1-KC, fusibles DF4 JA
– KMGE y KMR: 2 contactores LC1F 500 enclavados entre sí
– Q1 a Q6: 6 seccionadores de fusibles DK1-GB23
– KM1 a KM6, KM11 a KM 52: 16 contactores LC1-D95
– A8: 1 autómata programable TSX
– KA1: 1 contactor auxiliar CA2-DN22
– S6-S7: 2 pulsadores XB2-B
– F1 a F5: 5 relés térmicos LR2-D
– A6: 1 convertidor de frecuencia Altivar ATV
– A1 a A5: 5 arrancadores ralentizadores Altistart ATS
– S1 a S5: 5 conmutadores XBC-D



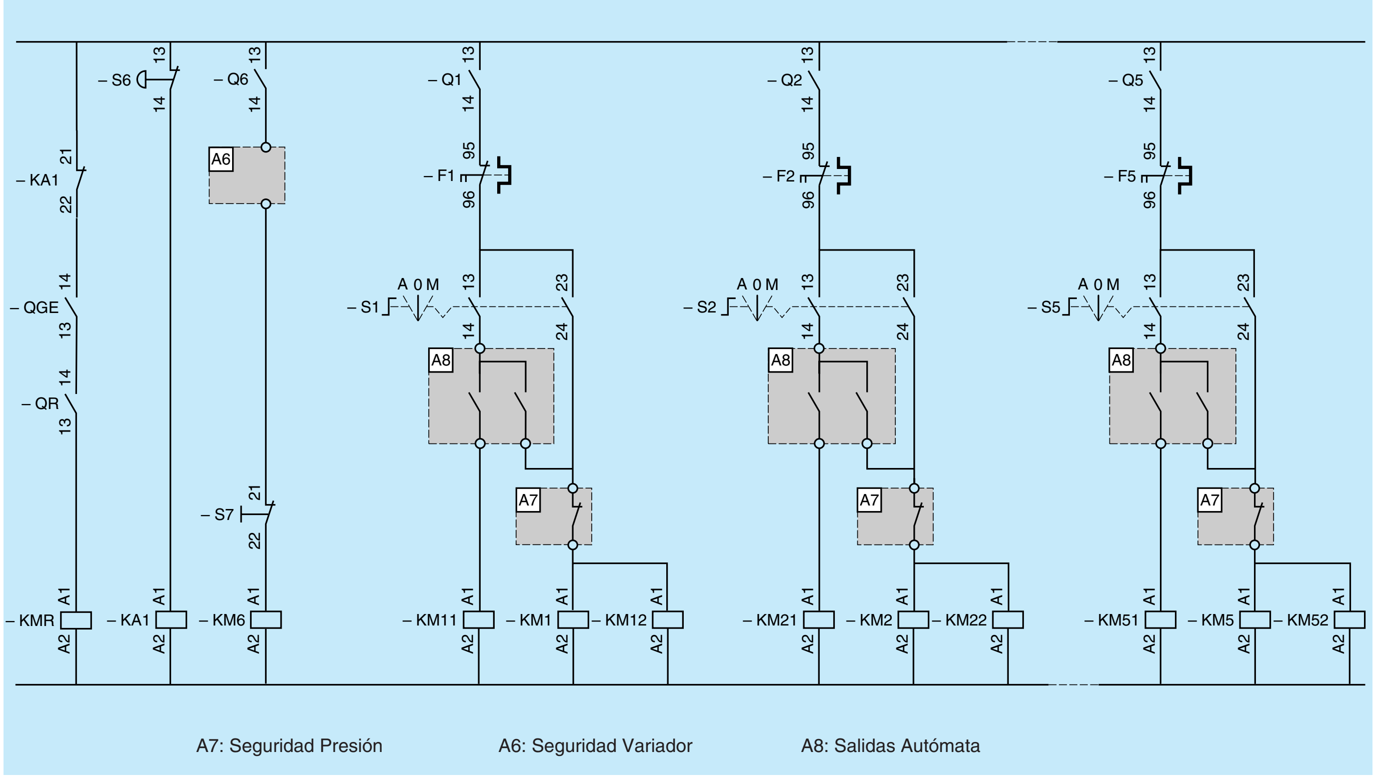
Grupos electrobombas



Arrancadores ralentizadores y variador



Esquema de potencia unifilar



Esquema de control

Capítulo 9

Norma es un procedimiento, generalmente escrito, de hacer un servicio, una actividad, una operación o un producto, de forma repetitiva e igual, a fin de garantizar el mantenimiento de las características del mismo, en el tiempo y en todas las unidades del producto fabricado.

En el campo de la electrotecnia, las normas son el resultado de un consenso entre las partes interesadas: ingenieros, fabricantes de aparamenta, fabricantes de máquinas, fabricantes de equipos eléctricos y electrónicos y cuadristas, instaladores, organismos de control, administraciones. Por lo tanto, sirven de referencia en cualquier comunicación entre clientes y fabricantes. Las normas definen los términos empleados, las características de funcionamiento y dimensionales, las normas de empleo, los métodos de ensayo, el marcado de los productos, etc.

De estas normas, la que se aplica a las normas generales relativas a los equipos de baja tensión (IEC 947) ocupa un lugar importante en este capítulo.

Normas y definiciones

Normas

Definiciones

Normas

Hace ya muchos años que los principales fabricantes de material eléctrico, como Telemecanique, se basan en las normas internacionales elaboradas por la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) (1).
El objetivo de dichas normas es reducir los costes de los productos y propiciar los intercambios comerciales eliminando obstáculos técnicos.
La normalización europea, que desempeña un papel fundamental en el proceso de apertura de los mercados en Europa, trabaja en estrecha colaboración con la CEI y buen número de normas europeas (EN) son el equivalente de las correspondientes normas CEI.

Conformidad con las normas

Los productos de fabricantes importantes como Telemecanique cumplen, en su mayoría, con normas nacionales (por ejemplo, NF en Francia, DIN en Alemania), europeas (por ejemplo, CENELEC) o internacionales (IEC).
Dichas normas de **productos** definen con precisión las prestaciones de los productos designados (por ejemplo, IEC 60947 para los equipos de baja tensión).
Correctamente utilizados, estos productos permiten realizar **conjuntos** de aparamenta, **equipos** de máquinas o **instalaciones** conformes a sus propias normas (por ejemplo, IEC 60204 para equipos eléctricos de máquinas).
Los fabricantes han de ser aptos para someter su producción a la prueba de conformidad con las normas a las que han decidido ajustarse (2), a través de su sistema de garantía de calidad (3).
Deben presentar, cuando se les requiere y según los casos:
– una declaración de conformidad (4),
– certificados de conformidad,
– certificados de homologaciones, o autorizaciones, en aquellos países que tengan establecido este procedimiento, o para especificaciones particulares como la de la marina mercante.

Norma europea EN

Se trata de un conjunto de especificaciones técnicas establecidas con la colaboración y la aprobación de las partes implicadas en los distintos países miembros del CENELEC (UE y AELE (5)). Están elaboradas según el principio de consenso, se vota por mayoría ponderada. Las normas que se adoptan por este procedimiento se recogen **íntegramente** en las colecciones nacionales y se procede a retirar aquellas normas nacionales que las contradicen.
Con ello, las normas nacionales de todos los países de la UE recogen estas normas europeas (EN), con la referencia previa a la sigla nacional; así, en España será UNE-EN, en Francia NF-EN, etc., manteniendo la numeración idéntica para todos los países.
Así pues, la norma EN 60947-4-1 relativa a contactores y arrancadores de motor, en la versión española es la UNE-EN 60947-4-1, en la versión francesa es la NF-EN60947-4-1.
Para los componentes de automatismos y de distribución, Telemecanique añade a las exigencias de conformidad con las normas nacionales (NF, UNE) aquellas relativas a todos los grandes países industriales.

(1) CEI: Commission Electrotechnique Internationale
IEC: International Electrotechnical Commission
En el texto hemos adoptado la sigla IEC para las referencias a las normas internacionales.
(2) consultar los catálogos o los servicios comerciales.
(3) normas francesas NFX 50 111, ISO 9000.
(4) ISO-IEC Guía 22.
(5) UE: Unión Europea
AELE: Asociación Europea de Libre Intercambio

Normas internacionales y nacionales

Familias de productos	Normas internacionales	Normas españolas**
Autómatas programables	IEC 61131	UNE-EN 6131
Canalizaciones prefabricadas	IEC 60439-2	UNE-EN 60439-2
Contactores	IEC 60947-4-1	UNE-EN 60947-4-1
Contactores auxiliares	IEC 60947-5-1	UNE-EN 60947-5-1
Aparatos de control y protección (integral)	IEC 60947-6-2	UNE-EN 60947-6-2
Arrancadores-motores	IEC 60947-4-1	UNE-EN 60947-4-1
Detectores	IEC 60947-5-2	UNE-EN 60947-5-2
Disyuntores	IEC 60947-2	UNE-EN 60947-2
Equipos eléctricos de máquinas	IEC 60204-1	UNE-EN 60204-1
Conjuntos de equipos de BT	IEC 60439	UNE-EN 60439
Interfaces hombre-máquina	IEC 60447	UNE 20128
Interruptores de posición	IEC 60947-5-1	UNE-EN 60947-5-1
Interruptores -seccionadores	IEC 60947-3	UNE-EN 60947-3
Relés todo o nada	IEC 60255-1-00	UNE 21136
Seccionadores	IEC 60947-3	UNE-EN 60947-3
Unidades de mando y de señalización	IEC 60947-5-1	UNE-EN 60947-5-1
Variadores de velocidad	IEC 60146	UNE 20846
Normas de instalación	IEC 60364-1 a 7	UNE 20460-1a7

*** Las normas UNE-EN... se corresponden con las normas europeas y las normas UNE... con las normas IEC.*

En algunos países, es obligatoria la certificación de determinados componentes eléctricos, que se materializa en un certificado de conformidad con la norma expedido por el organismo oficial.

Observación relativa a la etiqueta otorgada por Underwriters Laboratories (UL). Deben distinguirse dos niveles de aceptación:
"Recognized" (UR)
El componente es totalmente válido para ser incorporado en los equipos realizados en los talleres, donde el fabricante de equipos conoce los límites de empleo y donde su utilización dentro de tales límites resulta aceptable para los UL.
El componente no es apto para ser utilizado como "producto de uso general" debido a que es incompleto por sus características de fabricación o a que tiene posibilidades limitadas.
El componente "Recognized" no lleva obligatoriamente la sigla de certificación.
"Listed" (UL)
El componente cumple con todas las exigencias de la clasificación relativa al mismo y por lo tanto puede utilizarse tanto como "Producto de uso general" como componente de un equipo. El componente "Listed" debe llevar la sigla de certificación.

Organismos internacionales y nacionales

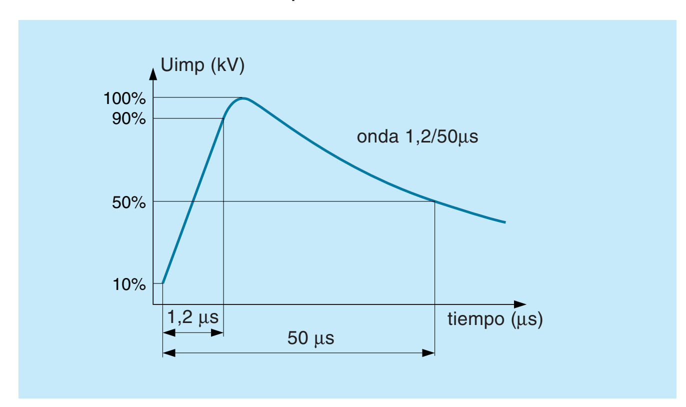
Sigla del organismo de normalización	País	Marcas de conformidad	Homologaciones	Empresas de clasificación de barcos
ANSI	EE.UU.	UL		
SAA	Australia			
ASE	Suiza	S		
BSI	GB			Lloyds Register of Shipping
CEI	Italia			Registro Italiano Navale
CENELEC	Europa			
CSA	Canadá	SP		
DS	Dinamarca	D		
DIN/VDE	RFA			Germanischer Lloyd
GOST	C.E.I.			Register of Shipping
IEC	Mundo			
JISC	Japón			Nippon Kaiji Kyokaï
CEB	Bélgica			
NEK	Noruega	N		Det Norske Veritas
NEN	Países Bajos		KEMA EUR	
UTE	Francia			Bureau Veritas
OVE	Austria		ÖVE	
SEK	Suecia		S	
SETI	Finlandia	FI		
UNE	España			

La norma IEC 60947

La norma IEC 60947 constituye la primera etapa significativa hacia un verdadero estándar internacional que no sólo tiene en cuenta las exigencias europeas, sino también las de las normas UL (1), NEMA (2) (USA) y JIS (3) (Japón). Recoge todas las recomendaciones relativas a los equipos eléctricos de baja tensión en siete publicaciones.
La publicación IEC 60947-1 está dedicada a las normas generales relativas a todos los equipos BT.
La publicación IEC 60947-4-1 define las normas específicas de los contactores y los arrancadores de motores.

Coordinación de aislamiento

Define los niveles de sobretensión que soportan los distintos componentes de una instalación. Se sustituye el ensayo dieléctrico de un producto por un ensayo a la tensión asignada de resistencia a los choques que se realiza aplicando una onda de tensión 1,2/50 µs (ver gráfico inferior). Esta nueva noción, en la que intervienen el grado de contaminación y el índice de resistencia a la conducción de los materiales, influye en la elección de los materiales y en el dimensionamiento de los productos.



Ensayo a la tensión asignada de resistencia a los choques

Modificación de los procedimientos de ensayos

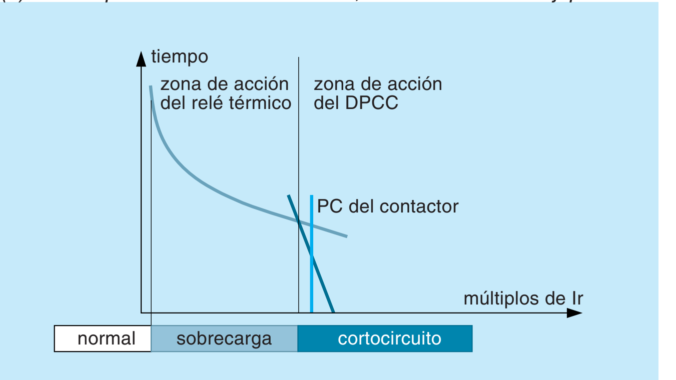
El ensayo de tipo con muestra se sustituye por secuencias de ensayos en serie con muestra. Se han aportado modificaciones a los procedimientos, además de nuevos ensayos:
– establecimiento y corte de la corriente con idénticas relaciones entre poder de cierre (PF)/Ie y poder de corte (PC)/Ie cualquiera que sea la corriente asignada de empleo, además de un ensayo de PF solo (ver cuadro inferior),
– además del ensayo de durabilidad a los valores de uso, un nuevo ensayo convencional de 6000 ciclos de maniobras (corriente cortada 2 Ie en AC-3 y 6 Ie en AC-4) tras los ensayos de PF y PC, seguido de un ensayo dieléctrico a 2 Ui + 1000 V.

	AC-3	AC-4
PF / Ie y PC / Ie	8	10
PF / Ie	10	12

Coordinación de las protecciones

La coordinación de las protecciones es el arte de asociar un DPCC (fusibles o disyuntor magnético) con un contactor y un relé térmico. Su objetivo es interrumpir, a tiempo y sin peligro para las personas ni para las instalaciones, una corriente de sobrecarga (de 1 a 10 veces la corriente nominal del motor) o una corriente de cortocircuito (> 10 veces la corriente nominal del motor).
La corriente presumible de cortocircuito caracteriza la instalación en un punto determinado. Es el resultado de un cálculo en el que intervienen la potencia de la red, la tensión y las impedancias en línea (cables, conexiones, transformadores, etc.). El ensayo de coordinación se realiza con una corriente asignada de cortocircuito convencional "Iq" definida por el fabricante del material (por ejemplo, 50 kA a 380 V para una salida-motor fusibles + contactor + relé térmico).
La norma introduce una nueva corriente de cortocircuito presumible "r" que depende del calibre de empleo AC-3 del aparato, r < Iq (por ejemplo, para 63 A, r = 3 kA). La coordinación debe verificarse a la vez para Ir y para Iq.
La norma IEC 60947 define dos tipos de coordinación de arrancadores - DPCC:
– **tipo 1** (antiguamente "a" según IEC 60292-1)
En condición de cortocircuito, el material no debe ocasionar peligro para las personas ni para las instalaciones. Tras el cortocircuito, es posible que no pueda volver a funcionar sin ser reparado o sin cambiar piezas.
– **tipo 2** (antiguamente "c" según IEC 60292-1)
En condición de cortocircuito, el material no debe ocasionar peligro para las personas ni para las instalaciones. Tras el cortocircuito, no debe presentar ningún deterioro o desajuste. Sólo se admite el riesgo de soldadura de los contactos del contactor a condición de que puedan separarse fácilmente. No se permite ningún cambio de piezas durante el ensayo, excepto el de los fusibles, que deben cambiarse todos.
– **coordinación total**
Según la Norma IEC 60947-6-2, en caso de cortocircuito no se admite ningún daño ni riesgo de soldadura en los aparatos que constituyen la salida.

(1) **UL***: Underwriters Laboratories, creados a principios de siglo en EE.UU. por las compañías de seguros contra incendios, a consecuencia de varios siniestros que se produjeron en los principios de la utilización del alumbrado eléctrico.*
(2) **NEMA***: National Electrical Manufacturers Association, asociación de fabricantes de material eléctrico.*
(3) **JIS***: Japanese Industrial Standard, normas industriales japonesas.*

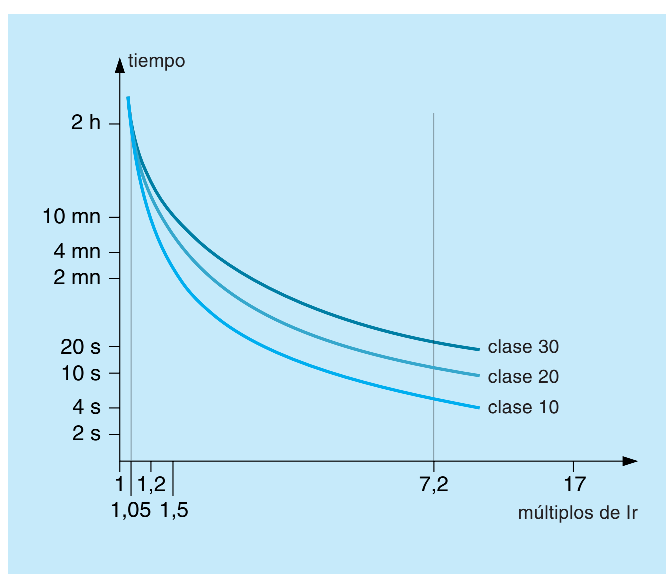


Coordinación de las protecciones

Clases de disparo de los relés de protección térmicos

La función de los relés térmicos es proteger los motores contra sobrecargas; pero también tienen que dejar pasar la sobrecarga temporal debida a la punta de corriente durante el arranque. Los tiempos de arranque de los motores americanos, por el tipo de fabricación, son superiores a los de los motores europeos y el uso de relés térmicos tradicionales podría provocar disparos imprevistos. Por esta razón, la nueva norma contempla clases de disparo que permiten adaptar los relés a las características de los motores. Asimismo permiten disponer de relés adaptados a las distintas duraciones de arranque de las máquinas, como por ejemplo arranques en vacío, arranques largos de las máquinas de elevada inercia, etc.

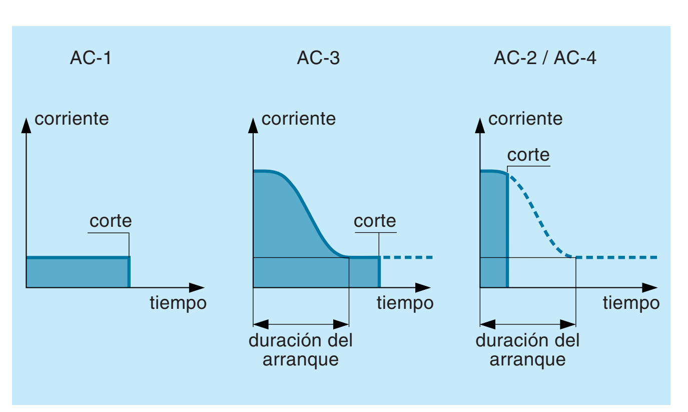
	1,05 Ir	**1,2 Ir**	**1,5 Ir**	**7,2 Ir**
Clase	tiempo de disparo a partir del estado frío			
10A	> 2 h	< 2 h	< 2 min	2 s ≤ tp ≤ 10 s
10	> 2 h	< 2 h	> 4 min	2 s ≤ tp ≤ 10 s
20	> 2 h	< 2 h	> 8 min	2 s ≤ tp ≤ 20 s
30	> 2 h	< 2 h	> 12 min	2 s ≤ tp ≤ 30 s



Curvas y tiempos de disparo de los relés térmicos

Categorías de empleo

Las categorías de empleo resumen los principales campos de aplicación de los contactores en corriente alterna (categorías AC-.) y en corriente continua (DC-.). Definen, en el marco de una utilización normal de los contactores, las condiciones de establecimiento y corte de la corriente en función de la corriente asignada de empleo Ie y de la tensión asignada de empleo Ue. Dependen:
– de la naturaleza del receptor controlado (resistencias, motor de jaula, etc.),
– de las condiciones en las que se efectúan los cierres y los cortes (motor lanzado o calado, inversión de sentido de marcha, etc.).
Las categorías de empleo AC-1 a AC-4 que figuraban en la norma IEC 158 aparecen recogidas en la norma IEC 60947:
– AC-1: se aplica a todos los receptores alimentados en corriente alterna y con un cos $\varphi \geq 0{,}95$,
– AC-2: arranque, frenado a contracorriente y funcionamiento por sacudidas de los motores de anillos,
– AC-3: arranque de los motores de jaula, con corte del motor lanzado,
– AC-4: arranque, frenado a contracorriente y funcionamiento por sacudidas de los motores de jaula.
La nueva norma define las categorías de empleo adicionales relativas al control de los siguientes receptores mediante contactores: lámparas de descarga (AC-5a), lámparas incandescentes (AC-5b), transformadores (AC-6a), condensadores (AC-6b), compresores de refrigeración (AC-8). Define además las categorías AC-7a y AC-7b para aplicaciones domésticas.
La categoría AC-11 (IEC 60337) para control de cargas electromagnéticas mediante contactos auxiliares o contactores auxiliares queda sustituida por las dos siguientes: AC 14 para electroimanes que absorban menos de 72 VA en estado cerrado (corriente establecida 6 Ie), y AC-15 cuando la potencia absorbida sea superior a 72 VA (corriente establecida 10 Ie) La aplicación más habitual es el control de bobinas de contactores.

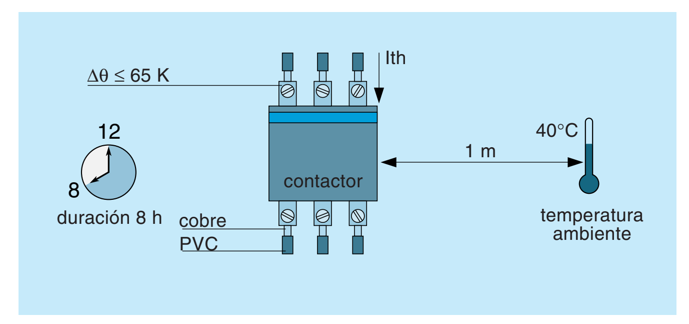


Categorías de empleo en corriente alterna

Corriente térmica convencional Ith

La corriente térmica convencional de un contactor se determina mediante un ensayo de recalentamiento de 8 h de duración a una temperatura ambiente de 40 °C. Las conexiones se realizan con conductores de cobre de sección normalizada aislados con PVC.
La norma IEC 60947 fija la elevación máxima de la temperatura de las bornas en 65 K (en vez de 70 K con la antigua norma IEC 158). Es decir, que la temperatura de las bornas no debe sobrepasar 40 + 65 = 105 °C. La elevación de temperatura se expresa en Kelvin (K).
La norma no define los recalentamientos internos. Corresponde al fabricante limitarlos a valores compatibles con los materiales aislantes utilizados.

Las zonas o las bornas de conexión de los contactores han de tener una sección o una capacidad de conexión normalizada dependiente de la corriente térmica asignada.



Ensayo de recalentamiento de un contactor

La norma IEC 60947 define las características eléctricas y mecánicas de los contactores. Las definiciones que presentamos a continuación corresponden a las características que solemos indicar en nuestras tablas de contactores. Están sacadas de la norma IEC 60947, fascículo 1.

Tensión asignada de empleo (Ue)

La tensión asignada de empleo de un material es un valor que, al combinarse con la corriente asignada de empleo, determina el empleo del material y el valor que toman como referencia los correspondientes ensayos y la categoría de empleo.
Para materiales unipolares, la tensión asignada de empleo suele expresarse por la tensión a través del polo y para materiales multipolares, por la tensión entre fases.

Tensión asignada de aislamiento (Ui)

La tensión asignada de aislamiento de un material es el valor de tensión que sirve como referencia en los ensayos dieléctricos y para las líneas de fuga.
El valor más elevado de la tensión asignada de empleo en ningún caso debe sobrepasar el de la tensión asignada de aislamiento.

Tensión asignada de resistencia a los choques (Uimp)

Valor de cresta de una tensión de choque, de forma y polaridad prescritas, que debe poder soportar el material sin que se produzca una descarga eléctrica, en unas condiciones de ensayo específicas, y que sirve como referencia para los valores de las distancias de aislamiento.
La tensión asignada de resistencia a los choques de un material debe ser igual o superior a los valores fijados para las sobretensiones transitorias que aparecen en el circuito donde está colocado dicho material.

Corriente térmica convencional al aire libre (Ith)

La corriente térmica convencional al aire libre es el valor máximo de la corriente de ensayo que debe utilizarse para los ensayos de recalentamiento del material sin envolvente al aire libre.
El valor de la corriente térmica convencional al aire libre debe ser al menos igual al valor máximo de la corriente asignada de empleo del material sin envolvente, en servicio de 8 horas.
Se entiende por aire libre el que existe en el interior en condiciones normales, exento de polvo y de radiaciones externas en una medida razonable.

Corriente térmica convencional en envolvente (Ithe)

La corriente térmica convencional en envolvente de un material es el valor de la corriente, fijado por el fabricante, que debe utilizarse en los ensayos de recalentamiento del material cuando éste va montado en una envolvente específica. Dichos ensayos son obligatorios si el material se describe como material en envolvente en los catálogos del fabricante y se destina normalmente a ser utilizado con una o varias envolventes de tipo y tamaño específicos.
El valor de la corriente térmica convencional en envolvente debe ser al menos igual al valor máximo de la corriente asignada de empleo del material en envolvente, en servicio de 8 horas.

Corrientes asignadas de empleo (Ie) o potencias asignadas de empleo

El fabricante define la corriente asignada de empleo de un material teniendo en cuenta la tensión asignada de empleo, la frecuencia asignada, el servicio asignado, la categoría de empleo y, en su caso, el tipo de envolvente de protección.
En el caso de materiales para control directo de un solo motor, puede sustituirse o completarse la indicación de una corriente asignada de empleo por la de la potencia máxima disponible asignada, con la tensión asignada de empleo considerada del motor para el que se ha previsto el material. Llegado el caso, el fabricante debe poder especificar la relación admitida entre la corriente de empleo y la potencia de empleo.

Poder asignado de cierre

El poder asignado de cierre de un material es un valor de corriente, fijado por el fabricante, que el material puede establecer satisfactoriamente en unas condiciones de cierre específicas.
Las condiciones de cierre que deben especificarse son:
– la tensión aplicada,
– las características del circuito de ensayo.
El poder asignado de cierre se expresa en función de la tensión asignada de empleo y de la corriente asignada de empleo.

Poder asignado de corte

El poder asignado de corte de un material es un valor de corriente, fijado por el fabricante, que el material puede cortar satisfactoriamente en unas condiciones de corte específicas.
Las condiciones de corte que deben especificarse son:
– las características del circuito de ensayo,
– la tensión de restablecimiento a frecuencia industrial.
El poder asignado de corte se expresa en función de la tensión asignada de empleo y de la corriente asignada de empleo.

Durabilidad mecánica

En cuanto a la resistencia al desgaste mecánico, un material se caracteriza por el número, indicado en la correspondiente norma de material, de ciclos de maniobras en vacío (es decir, sin corriente en los principales contactos) que debe poder efectuar el material sin que sea necesario revisarlo o cambiar piezas mecánicas; no obstante, puede admitirse un mantenimiento normal según las instrucciones del fabricante para materiales diseñados para ser mantenidos.
Cada ciclo de maniobras consiste en una maniobra de cierre seguida de una maniobra de apertura.

Durabilidad eléctrica

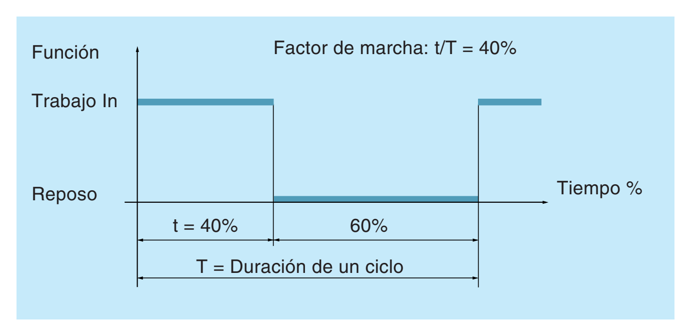
En cuanto a su resistencia al desgaste eléctrico, un material se caracteriza por el número de ciclos de maniobras en carga que es capaz de efectuar sin reparaciones ni cambios de piezas, en las condiciones de servicio indicadas en la correspondiente norma.

Definiciones

Algunas características son determinantes en la elección de un contactor, como se ha demostrado en el apartado "Elección de un contactor" (ver páginas 52 a 61).
Es preciso captar correctamente estas nociones antes de pasar a los desarrollos siguientes.

Corriente asignada de empleo Ie

La corriente asignada de empleo de un contactor es la corriente nominal máxima del receptor que el contactor puede establecer, soportar e interrumpir en unas condiciones de utilización definidas, sin recalentamiento excesivo ni desgaste exagerado de los contactos.
En servicio ininterrumpido, en el que los contactos permanecen cerrados durante al menos 8 horas sin interrupción (por ejemplo, circuitos de distribución) o en la categoría de empleo AC-1 (cargas resistivas), puede ser igual a **Ith** si la temperatura ambiente no sobrepasa los 40 °C.
Pero en la mayoría de los casos los contactores suelen utilizarse en servicio intermitente, en particular para control de motores asíncronos de jaula (categoría de empleo AC-3 y AC-4). Este tipo de servicio se caracteriza por ciclos de maniobras periódicas (1 ciclo de maniobras = 1 cierre + 1 apertura), siendo el tiempo **t** de paso de la corriente una fracción de la duración **T** del ciclo. La relación **t/T** se denomina factor de marcha. En tales condiciones de utilización, el recalentamiento de los polos no depende sólo de la corriente nominal del receptor y del tiempo de paso de dicha corriente, sino también de la punta de corriente durante el cierre y de la energía de arco durante la apertura que provocan un recalentamiento adicional. Por esta razón, la corriente de empleo en servicio intermitente es distinta de **Ith**, y generalmente inferior.
Así pues, la corriente asignada de empleo de un contactor se define en función de la categoría de empleo y del servicio, así como de la tensión de empleo, de la frecuencia de la red y de la temperatura ambiente. Si el receptor es un motor, la indicación **Ie** suele sustituirse por la potencia nominal del motor en kW.



Factor de marcha

Corriente temporal admisible

Se trata de la corriente que puede soportar un contactor durante un tiempo límite consecutivo a un tiempo de reposo sin alcanzar un recalentamiento peligroso. En ningún caso debe ser superior al poder asignado de cierre del contactor.
La noción de corriente temporal admisible es importante, por ejemplo, en el caso de control de un motor de arranque largo (fuerte inercia de la máquina arrastrada) debido a la duración de la punta de arranque.

Poder asignado de cierre PF

Dos conductores paralelos por los que pasan corrientes de sentido opuesto es el origen de esfuerzos electrodinámicos que tienden a alejarlos uno del otro. Esto se traduce, al nivel de un polo de contactor, por un efecto de repulsión en el contacto móvil debido al efecto de bucle y a la estricción de las líneas de corriente en la zona de contacto. El esfuerzo de repulsión es proporcional a **I2** y se opone al esfuerzo de compresión. En consecuencia, limita la capacidad de conmutación de los contactores, ya que, si el valor de la corriente es demasiado importante, en particular durante los regímenes transitorios de puesta bajo tensión de los receptores, puede provocar una apertura descontrolada de los contactos con fusión del metal debido al arco eléctrico y soldadura de los contactos que vuelven a cerrarse al disminuir la corriente.
El poder asignado de cierre se expresa por el valor eficaz de la corriente que puede establecer un contactor sin desgaste exagerado ni soldadura de los contactos. Es independiente de la tensión asignada de empleo.
Hay que destacar la influencia de la tensión de alimentación del electroimán en el poder de cierre. Dicha tensión condiciona la velocidad y, por lo tanto, la energía cinética de las masas en movimiento y, consecuentemente, el tiempo necesario para el establecimiento de la presión de contacto a partir del momento del impacto. Según las normas, el poder asignado de cierre debe garantizarse con una tensión de control comprendida entre 0,85 y 1,1 Un.
El poder asignado de cierre es una de las características más importantes de los contactores, ya que representa a la vez:
– el límite de corriente que no se puede sobrepasar sin exponerse a fallos graves,
– el valor a partir del que se definen las corrientes máximas de empleo en las categorías AC-3 y AC-4,
– la base para la elección de un contactor en aplicaciones como el control de circuitos de alumbrado, de primarios de transformadores... en las que las corrientes transitorias durante la puesta bajo tensión representan un esfuerzo importante con respecto a las corrientes en régimen establecido.

Poder asignado de corte PC

Durante la apertura en carga de un contactor, se crea un arco en cada polo entre los contactos fijo y móvil. Dicho arco es la principal causa del desgaste de los contactos, ya que, debido a su elevada temperatura, provoca la fusión y la volatilización de una parte del metal. Los dispositivos de soplado de los que disponen los polos garantizan una extinción rápida transitoria durante la puesta bajo tensión del receptor (por ejemplo, punta de arranque de un motor). Pero si la corriente cortada es demasiado importante, o si la tensión de empleo es demasiado elevada, se hace difícil extinguir el arco, y a veces imposible (duración excesiva del arco, llamas en el exterior de las cámaras apagachispas, reencendidos, arco mantenido), y el contactor puede ser dañado o incluso destruido.
El poder asignado de corte se expresa por el valor eficaz de la corriente que el contactor puede interrumpir con una tensión de empleo determinada, sin emisión excesiva de llamas hacia el exterior de las cámaras apagachispas, sin arco permanente, sin cebado entre fases o entre fase y masa. Disminuye al aumentar la tensión de empleo.

Normas para variadores de velocidad

Actualmente, los comités de normalización de la CEI y del CENELEC están elaborando unas normas específicas sobre "Variadores de Velocidad", que se referirán a:
– variación de velocidad: Proyecto de revisión de la IEC 60146,
– variadores de corriente continua: Proyecto de norma IEC del Comité de Estudios 22G/WG2,
– variadores para motores asíncronos: Proyecto de norma IEC del Comité de Estudios 22G/WG3,
– CEM para variadores de velocidad: Proyecto de norma IEC-CENELEC.
Hoy en día, la calificación interna de los productos consiste en verificar su conformidad con la norma sobre "compatibilidad electromagnética para materiales de control en los procesos industriales". Se trata de unas normas que se recogerán en parte en las próximas normas de productos anteriormente citadas. Un fabricante como Telemecanique anticipa la conformidad de sus nuevos productos a las futuras normas.

Seguridad de las máquinas

A partir del 1 de enero de 1995, todas las máquinas que se vendan en Europa deben cumplir las "exigencias esenciales de seguridad" de la directiva "Máquinas" (89/392/CEE + 91/368/CEE + 93/44/CEE + 93/68/CEE), transpuesta a la legislación española por R.D. 1435/1992: BOE n.° 297 de 11-12-1992, y actualizado por R.D. 56/1995: BOE n.° 33 de 8-2-1995.
Además, la instalación y la utilización de las máquinas están sujetas a la directiva "Social" (89/655/CEE) aplicable a partir del 1 de enero de 1997. La puesta en conformidad del parque de máquinas deberá efectuarse durante el período transitorio de los cuatro años anteriores.
La directiva "Social" ha sido transpuesta a la legislación española según Ley 31/1995: de prevención de riesgos laborales: BOE n.° 269 de 10-11-1995.
Asimismo, se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo según R.D. 1215/1997: BOE n.° 188 de 7-8-1997.
Se han publicado unas normas europeas armonizadas para dar una "presunción de conformidad con las exigencias esenciales" de la directiva "Máquinas".
Los componentes para aplicaciones de seguridad están sujetos a las exigencias de dichas directivas.
La mayoría de las normas "mecánicas" útiles se recogen en el manual de AENOR sobre seguridad de las máquinas.
En el campo de la electricidad, las normas son las siguientes:

– EN 60 204-1	Seguridad eléctrica de las máquinas
– EN 418	Parada de emergencia
– Proyecto EN 572	Mando bimanual
– Proyecto EN 1037	Prevención de rearranques imprevistos
– Proyecto EN 1088	Enclavamiento-enclavamiento integrado

Se espera que el proyecto EN 954-1 permita caracterizar las partes relativas a la seguridad en los sistemas de control.

Norma ISO 9000

La norma ISO 9000 ha dejado de aplicarse al campo de los productos y los equipos para pasar al de los procedimientos. Actualmente se utilizan las normas internacionales de la serie ISO 9000 en el mundo entero, ya que han sustituido a las normas nacionales. Contribuyen al desarrollo de un lenguaje común entre los distintos agentes económicos y proporcionan un sistema homogéneo y reconocido de medida para evaluar los "Sistemas de Calidad".
Las normas internacionales ISO 9000 definen las disposiciones mínimas que debe adoptar un fabricante para dar confianza a sus clientes.
Existen tres modelos de normas de exigencia para la garantía de calidad, que corresponden a tres niveles de prestaciones:

- **ISO 9001 – Diseño, desarrollo, producción, instalación, servicio posventa**

La capacidad de la empresa para la organización y el funcionamiento de su sistema de "garantía de la calidad" se evalúa en todas las fases del proceso de diseño y realización del producto o servicio.

- **ISO 9002 – Producción e instalación**

La certificación se refiere al proceso de realización o instalación del producto o del servicio en el que deben dominarse en particular los procedimientos que tienen una incidencia directa sobre la calidad, los controles y los ensayos.

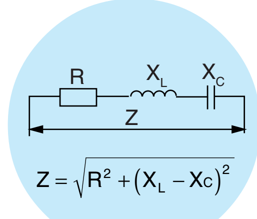
- **ISO 9003 – Controles y ensayos finales**

La aptitud de la empresa para detectar cualquier aspecto no conforme del producto y para dominar las correspondientes disposiciones durante los ensayos finales constituye el marco de exigencia de la certificación.

Un fabricante como Telemecanique suscribe totalmente la aplicación de este sistema de calidad que se enmarca naturalmente en la prolongación de acciones anteriores.

Capítulo 10

Los automatismos industriales se inscriben en la continuidad del desarrollo de las ciencias. En particular, recurren a las leyes fundamentales que rigen el universo de la electricidad y la mecánica.



Este compendio ofrece un conjunto de fórmulas prácticas sacadas de dichas leyes, un cuadro con las principales magnitudes, unidades de medida y símbolos, así como tablas de conversión entre unidades usuales.

Para terminar, se describen brevemente los distintos regímenes de neutro, puesto que las máquinas y los procesos se integran en el ámbito más general de las instalaciones eléctricas.

Compendio

Magnitudes y unidades de medida

Designación magnitud	Símbolo literal	Designación unidad de medida	Símbolo
aceleración angular	α	radián por segundo cuadrado	rad/s²
aceleración en caída libre	g	metro por segundo cuadrado	m/s²
aceleración lineal	a	metro por segundo cuadrado	m/s²
ángulo plano	α, β, γ	radián	rad
		grado (de ángulo)	...°
		minuto (de ángulo)	...'
		segundo (de ángulo)	..."
capacidad	C	faradio	F
campo magnético	H	amperio por metro	A/m
constante de tiempo	–	segundo	s
diámetro	d	metro	m
diferencia de potencial	U	voltio	V
duración de un período	T	segundo	s
recalentamiento	Δθ	kelvin o grado Celsius	K o °C
energía	W	julio	J
espesor	d	metro	m
flujo magnético	φ	weber	Wb
fuerza	F	newton	N
fuerza electromotriz	E	voltio	V
frecuencia	f	hercio	Hz
velocidad de rotación	n	vueltas por segundo	vueltas/s
deslizamiento	g	%	✯
altura	h	metro	m
impedancia	Z	ohmio	Ω
inductancia propia	L	henry	H
inductancia mutua	M	henry	H
inducción magnética	B	tesla	T
intensidad de corriente eléctrica	I	amperio	A
anchura	b	metro	m
longitud	l	metro	m

Designación magnitud	Símbolo literal	Designación unidad de medida	Símbolo
masa	m	kilogramo	kg
momento de un par	T o C	newton metro	N.m
momento de una fuerza	M	newton metro	N.m
momento de inercia	J o I	kilogramo metro cuadrado	kg.m²
peso	P	newton	N
presión	p	pascal	Pa
profundidad	h	metro	m
potencia activa	P	vatio	W
potencia aparente	S	voltamperio	VA
potencia reactiva	Q	voltamperio reactivo	VAR
cantidad de calor	Q	julio	J
cantidad de electricidad eléctrica)	Q	culombio o amperio hora	C o (carga A·h
radio	r	metro	m
reactancia	X	ohmio	Ω
reluctancia	R	amperio por Weber	A/W
rendimiento	η	%	✯
resistencia	R	ohmio	Ω
resistividad	ρ	ohmio metro/metro cuadrado	Ω.m/m²
superficie (aire)	A o S	metro cuadrado	m²
temperatura Celsius	θ	grado Celsius	°C
temperatura termodinámica	T	kelvin	K
tiempo	t	segundo (de tiempo)	s
		minuto (de tiempo)	min
		hora	h
		día	d
tensión	U	voltio	V
trabajo	W	julio	J
velocidad angular	ω	radián por segundo	rad/s
velocidad lineal	v	metro por segundo	m/s
volumen	V	metro cúbico	m³

✯ Sin dimensión

Submúltiplos de las unidades

Prefijo	Símbolo anterior a la unidad	Factor de multiplicación
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
micro	µ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}

Ejemplos: Cinco nanofaradios = 5 nF = $5 \cdot 10^{-9}$ F
Dos miliamperios = 2 mA = $2 \cdot 10^{-3}$ A
Ocho micrometros = 8 µm = $8 \cdot 10^{-6}$ m

Múltiplos de las unidades

Prefijo	Símbolo anterior a la unidad	Factor de multiplicación
deca	da	10^{1}
hecto	h	10^{2}
kilo	k	10^{3}
mega	M	10^{6}
giga	G	10^{9}
tera	T	10^{12}

Ejemplos: Dos megajulios = 2 MJ = $2 \cdot 10^{6}$ J
Un gigavatio = 1 GW = 10^{9} W
Tres kilohercios = 3 kHz = $3 \cdot 10^{3}$ Hz

Corriente de carga nominal de los motores asíncronos

Motores monofásicos

kW	HP	220 V A	240 V A
0,37	0,5	3,9	3,6
0,55	0,75	5,2	4,8
0,75	1	6,6	6,1
1,1	1,5	9,6	8,8
1,5	2	12,7	11,7
1,8	2,5	15,7	14,4
2,2	3	18,6	17,1
3	4	24,3	22,2
4	5,5	29,6	27,1
4,4	6	34,7	31,8
5,2	7	39,8	36,5
5,5	7,5	42,2	38,7
6	8	44,5	40,8
7	9	49,5	45,4
7,5	10	54,4	50

Motores trifásicos 4 polos 50/60 Hz

kW	HP	230 V	400 V A A	415 V A	440 V A	500 V A	690 V A
0,37	0,5	2	0,98	–	0,99	1	–
0,55	0,75	2,8	1,5	–	1,36	1,21	–
0,75	1	3,6	1,9	2	1,68	1,5	–
1,1	1,5	5,2	2,5	2,5	2,37	2	–
1,5	2	6,8	3,4	3,5	3,06	2,6	–
2,2	3	9,6	4,8	5	4,42	3,8	–
3	4	11,5	6,3	6,5	5,77	5	–
3,7	5	15,2	–	–	–	–	–
4	5,5	–	8,1	8,4	7,9	6,5	–
5,5	7,5	22	11	11	10,4	9	–
7,5	10	28	14,8	14	13,7	12	–
9	12	–	18,1	17	16,9	13,9	–
11	15	42	21	21	20,1	18,4	12,1
15	20	54	28,5	28	26,5	23	16,5
18,5	25	68	35	35	32,8	28,5	20,2
22	30	80	42	40	39	33	24,2
30	40	104	57	55	51,5	45	33
37	50	130	69	66	64	55	40
45	60	154	81	80	76	65	46,8
55	75	192	100	100	90	80	58
75	100	248	131	135	125	105	75,7
90	125	312	162	165	146	129	94
110	150	360	195	200	178	156	113
132	180	–	233	240	215	187	135
147	200	480	222	260	236	207	128
160	220	–	285	280	256	220	165
185	250	600	–	–	–	–	–
200	270	–	352	340	321	281	203
220	300	720	388	385	353	310	224
250	350	840	437	425	401	360	253
280	380	–	–	–	–	–	–
315	430	–	555	535	505	445	321
335	450	1080	–	–	–	–	–
355	480	–	605	580	549	500	350
375	500	1200	–	–	–	–	–
400	545	–	675	650	611	540	390
450	600	1440	800	–	–	–	–
500	680	–	855	820	780	680	494
560	–	–	950	920	870	760	549
630	–	–	1045	1020	965	850	605
710	–	–	1200	1140	1075	960	694
800	1090	–	–	1320	1250	1100	–
900	1220	–	–	1470	1390	1220	–

Potencia activa

en continua $P = UI$
en monofásica $P = UI\cos\varphi$
en trifásica $P = UI\sqrt{3}\cos\varphi$

con P : potencia activa en vatios
U : tensión en voltios (en trifásica, tensión entre fases)
I : corriente en amperios
cos φ: factor de potencia del circuito

Potencia reactiva

en monofásica $Q = UI\sin\varphi = UI\sqrt{1-\cos^2\varphi}$

en trifásica $Q = UI\sqrt{3}\sin\varphi = UI\sqrt{3}\sqrt{1-\cos^2\varphi}$

con Q : potencia reactiva en voltamperios reactivos
U : tensión en voltios (trifásica: tensión entre fases)
I : corriente en amperios
cos φ: factor de potencia del circuito

Potencia aparente

en monofásica $S = UI$

en trifásica $S = UI\sqrt{3}$

con S : potencia aparente en voltamperios
U : tensión en voltios (trifásica: tensión entre fases)
I : corriente en amperios

Factor de potencia

$$\cos\varphi = \frac{\text{potencia activa}}{\text{potencia aparente}}$$

Rendimiento

$$\eta = \frac{\text{potencia útil}}{\text{potencia activa absorbida}}$$

Corriente absorbida por un motor

en monofásica $I = \frac{P}{U\eta\cos\varphi}$

en trifásica $I = \frac{P}{U\sqrt{3}\eta\cos\varphi}$

en continua $I = \frac{P}{U\eta}$

con P : potencia activa en vatios
I : corriente absorbida por el motor en amperios
U : tensión en voltios (trifásica: tensión entre fases)
η : rendimiento del motor
cos φ: factor de potencia del circuito

Resistencia de un conductor

$$R = \rho\frac{l}{S}$$

con R : resistencia del conductor en ohmios
ρ : resistividad del conductor en ohmios-metros
l : longitud del conductor en metros
S : sección del conductor en metros cuadrados

Resistividad

$$\rho\theta = \rho(1+\alpha\Delta\theta)$$

con ρθ : resistividad a la temperatura θ en ohmios-metros
ρ : resistividad a la temperatura θ_0 en ohmios-metros
Δθ : $\theta - \theta_0$ en grados Celsius
α : coeficiente de temperatura en grados Celsius a la potencia menos uno

Ley de Joule

$W = RI^2t$ en monofásica

con W : energía disipada en julios
R : resistencia del circuito en ohmios
I : corriente en amperios
t : tiempo en segundos

Reactancia inductiva de una inductancia sola

$$X_L = L\omega$$

con X_L : reactancia inductiva en ohmios
L : inductancia en henrys
ω : pulsación = 2 π f
f : frecuencia en hercios

Reactancia capacitiva de una capacidad sola

$$X_C = \frac{1}{C\omega}$$

con X_C : reactancia capacitiva en ohmios
C : capacidad en faradios
ω : pulsación = 2 π f
f : frecuencia en hercios

Ley de Ohm

Circuito de resistencia sola	U = RI
Circuito de reactancia sola	U = XI
Circuito de resistencia y reactancia	U = ZI

con U : tensión en las bornas del circuito en voltios
I : corriente en amperios
R : resistencia del circuito en ohmios
X : X_L o X_C reactancia del circuito en ohmios
Z : impedancia del circuito en ohmios

Para la determinación de Z, véase a continuación.

Circuitos de resistencias

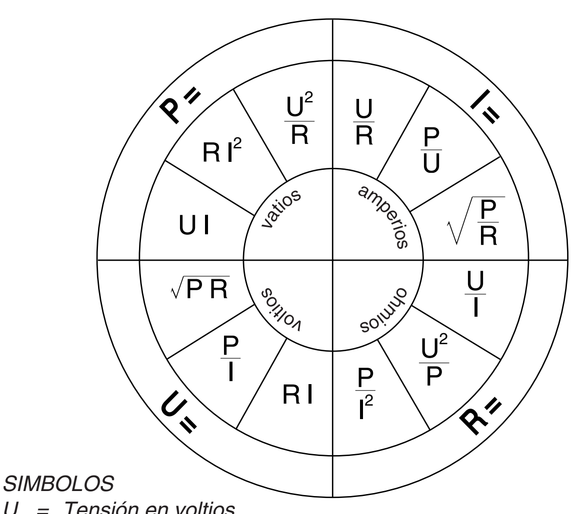
$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3}$$

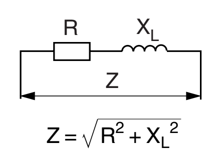
$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} + R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

Ley de Ohm



SIMBOLOS
U = Tensión en voltios
I = Corriente en amperios
R = Resistencia en ohmios
P = Potencia en vatios

Circuitos de resistencias y reactancias



$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2}} = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2}} = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}} = \frac{R \cdot X_L \cdot X_C}{\sqrt{X_L^2 \cdot X_C^2 + R^2 (X_L - X_C)^2}}$$

Cálculo de las resistencias de arranque

Para motores de jaula

Resistencia estatórica

En trifásica

$$R = 0{,}055 \frac{U}{In}$$

con R: valor óhmico de la resistencia por fase en ohmios
U: tensión de la red en voltios
In: corriente nominal del motor en amperios

I media = 4,05 In

Al encargar una resistencia, indíquese: la duración de la puesta bajo tensión de la resistencia y el número de arranques por hora.
Generalmente solemos considerar 12 arranques por hora de 10 segundos cada uno, siendo 2 de ellos consecutivos a partir del estado frío.

Resistencia para arranque estrella-triángulo de 3 tiempos

$$R = \frac{0{,}28\ U}{In}$$

con R: valor óhmico de la resistencia por fase en ohmios
U: tensión de la red en voltios
In: corriente nominal del motor en amperios

I media = 1,5 In

Al encargar una resistencia, indíquese: el tiempo de acoplamiento de la resistencia y el número de arranques por hora.
Generalmente solemos prever 2 arranques consecutivos de 3 segundos espaciados de 20 segundos.

Autotransformador

Durante el arranque

U motor = k U línea
C motor = k^2 C
I línea $\neq k^2$ I
I motor = k I

con k : relación del autotransformador U salida / U línea
C : par en arranque directo
I : corriente en arranque directo

Al encargar un autotransformador, indíquese:
– que se trata de un autotransformador de entrehierro (a ser posible);
– la punta de corriente del motor en arranque directo (indicada por el fabricante del motor);
– el valor de la tensión a la salida con respecto a la tensión de la red, en porcentaje;
– la duración de la puesta bajo tensión del autotransformador y el número de arranques por hora.

Generalmente solemos prever tomas de 0,55 Un y 0,65 Un y 5 arranques de 8 segundos por hora. Sin características específicas del motor, tomamos:

$$\frac{Id}{In} = 6.$$

Para motores de anillos

Resistencia unidad (1)

En trifásica

$$Ru = \frac{333\ P}{Ir^2}$$

con P: potencia nominal en kilovatios
Ir: corriente rotórica nominal en amperios
Ru: en ohmios

o

$$Ru = \frac{245\ P}{Ir^2}$$

con P: potencia nominal en caballos
Ir: corriente rotórica nominal en amperios

Valor de la resistencia al primer tiempo

$$R(1) = \frac{Ru + r}{1.^a\ punta} - r$$

con R(1): valor de la resistencia por fase
Ru: resistencia unidad
r: resistencia interna del motor
1.ª punta: punta de corriente deseada durante el arranque

Valores intermedios de la resistencia

$$R(n) = \frac{R(n-1) + r}{punta} - r$$

con R(n): valor de la resistencia por fase para ese tiempo
R(n–1): resistencia al tiempo anterior
r: resistencia interna del motor
Punta: punta de corriente deseada al tiempo correspondiente

Punta al último tiempo

$$Punta = \frac{R(n-1) + r}{r}$$

con Punta: punta de corriente obtenida
R(n-1): resistencia al tiempo anterior
r: resistencia interna del motor

Otra característica

$$I\ media = Ir + \frac{Ip - Ir}{3}$$

con I media: corriente térmicamente equivalente
Ir: corriente rotórica nominal
Ip: punta de corriente

Al encargar una resistencia, indíquese: la duración de la puesta bajo tensión de la resistencia, el número de arranques por hora y, en su caso, la posibilidad de frenado a contracorriente.

(1) La resistencia unidad es el valor teórico de la resistencia por fase que se incorpora al circuito rotórico para obtener, estando calado el rotor, el par nominal. Es imprescindible para determinar la resistencia de arranque.

Fórmulas mecánicas

Velocidad angular

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

con ω: velocidad angular en radianes por segundo
n: velocidad de rotación en vueltas por minuto

Frecuencia de rotación en vacío

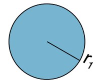
Velocidad de sincronismo de un motor asíncrono

$$\omega = \frac{2pf}{p} \quad \text{o} \quad n = \frac{60f}{p}$$

con ω: velocidad angular en radianes por segundo
n: velocidad de rotación en vueltas por minuto
f: frecuencia de la red en hercios
p: número de pares de polos del motor

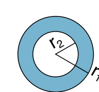
Radio de giro

cilindro compacto



$$r^2 = \frac{r_1^2}{2}$$

cilindro hueco



$$r^2 = \frac{r_1^2 + r_2^2}{2}$$

con r: radio de giro
r_1: radio exterior
r_2: radio interior

Momento de inercia de un cuerpo de masa m

$$J = mr^2$$

con J: momento de inercia en kilogramos-metros cuadrados
m: masa en kilogramos
r: radio de giro en metros

A veces se expresa con las siguientes fórmulas:

$$J = \frac{MD^2}{4} \quad \text{o} \quad \frac{GD^2}{4} \quad \text{o} \quad \frac{PD^2}{4}$$

Momento de inercia con relación a la velocidad ω

$$J\omega = J'\omega' \frac{\omega^2}{\omega'^2}$$

con $J\omega$: momento de inercia en kilogramos-metros cuadrados con relación a la velocidad angular ω
$J'\omega'$: momento de inercia en kilogramos-metros cuadrados con relación a la velocidad angular ω'

Par nominal

$$T_n = \frac{P_n}{\omega_n}$$

con T_n: par nominal del motor en newtons-metros
P_n: potencia nominal del motor en vatios
ω_n: velocidad angular nominal del motor en radianes por segundo

Par acelerador

$$T_a = T_m - T_r$$

con T_a: par acelerador en newtons-metros
T_m: par motor en newtons-metros
T_r: par resistente en newtons-metros

Duración de arranque

Duración de arranque de la velocidad 0 a la velocidad ω_n con un par acelerador constante T_a

$$t = \frac{J\omega_n}{T_a} \quad \text{o} \quad t = \frac{J\omega_n^2}{P_n} \frac{1}{(T_a/T_n)}$$

con t: tiempo de arranque en segundos
J: momento de inercia total de las masas en movimiento (motor + carga) en kilogramos-metros cuadrados
ω_n: velocidad angular nominal en radianes por segundo
T_a: par acelerador en newtons-metros
P_n: potencia nominal del motor en vatios
T_a/T_n: relación del par acelerador con el par nominal del motor

En el caso de pares aceleradores que varían con la velocidad, suelen utilizarse fórmulas prácticas propias de las distintas aplicaciones con el fin de identificarse con casos de pares aceleradores constantes, para permitir cálculos rápidos aproximados. Por ejemplo, en el caso de un arranque rotórico, el par acelerador puede asimilarse, para un cálculo aproximado, a un par constante equivalente:

$$T_a = T_m\,\text{mín.} + \frac{T_m\,\text{máx.} - T_m\,\text{mín.}}{3} - T_r$$

con

T_m mín.: par motor inmediatamente antes del cortocircuitado de una sección de resistencia
T_m máx.: par motor inmediatamente después del cortocircuitado de dicha sección
T_r: par resistente supuestamente constante

Fórmulas fundamentales

Sistema internacional de unidades SI: MKSA

Magnitud	Unidades básicas	
longitud	l = metro	m
masa	m = kilogramo	kg
tiempo	t = segundo	s
corriente eléctrica	i = amperio	A

Cinemática (movimiento rectilíneo)

Longitud l

Velocidad

$v = \frac{dl}{dt} = \frac{l}{t}$ en m/s

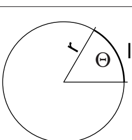
Aceleración

$a = \frac{dv}{dt}$ en m/s²

Cinemática (movimiento circular)

Arco

Θ en radián, con $\Theta = \frac{l}{r}$



Velocidad angular

$\omega = \frac{d\Theta}{dt} = \frac{\Theta}{t}$ en rad/s

$\omega = \frac{2\pi n}{60}$ n en rpm

Velocidad

$v = \frac{l}{t} = r\omega$ ω en rad/s

Aceleración angular

$\alpha = \frac{d^2\Theta}{dt^2} = \frac{d\omega}{dt}$ en rad/s²

Aceleración tangencial

$a_T = r\alpha$ α en rad/s²
a en m/s²

Dinámica (movimiento rectilíneo)

Fuerza

F=m a en N (newton)

Fuerza de puesta en movimiento

F=m a

Trabajo

$W = F \times l$ en J (julio)

Potencia

$P = \frac{W}{t} = \frac{Fl}{t} = Fv$ en W (vatio)

$1 \text{ vatio} = \frac{1 \text{ julio}}{1 \text{ segundo}}$

Energía

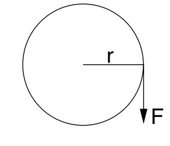
$W = 1/2\ mv^2$

la energía cinética se caracteriza por la velocidad del cuerpo

Dinámica (movimiento circular)

Par

$T = F \times r$ en N·m
o J/rad



Par de puesta en movimiento

$C = J\frac{d\omega}{dt}$

J= momento de inercia en kgm²

Trabajo

W= CΘ en J (Julio)

Potencia

$P = \frac{C\Theta}{t} = C\omega$ en W (vatio)

$P = C\frac{2\pi n}{60}$ N en rpm

Energía

$W = 1/2\ mr^2\omega^2 = 1/2\ J\omega^2$

la energía cinética se caracteriza por la velocidad del cuerpo

Regímenes de neutro

En los regímenes de neutro intervienen básicamente:

El neutro

Son los puntos neutros de los transformadores HT/MT y MT/BT, así como los conductores neutros por los que, en régimen equilibrado, no pasa ninguna corriente.

Las masas

Son las partes conductoras accesibles de un material eléctrico que pueden ponerse en tensión en caso de defecto.

La tierra

La tierra puede considerarse como un cuerpo conductor con un potencial que convencionalmente se fija en cero.

Regímenes baja tensión

Existen tres regímenes del neutro en baja tensión definidos por esquemas y referenciados por dos letras. Se trata de los regímenes TN (C o S), TT e IT. La primera letra corresponde a la posición del neutro con respecto a la tierra, y la segunda a la situación de las masas. El significado de cada letra es el siguiente:

T = Tierra	N = Neutro	I = Impedancia
C = Combinado	S = Separado	

Esquema TNC

Consiste en un neutro conectado a tierra y las masas al neutro. El conductor neutro y el de protección están combinados.

Esquema TNS

Consiste en un neutro conectado a tierra y las masas al neutro, pero en este caso el conductor neutro está separado del de protección.

Esquema TT

El neutro está directamente conectado a tierra, al igual que las masas, y esto mediante dos tomas de tierra separadas.

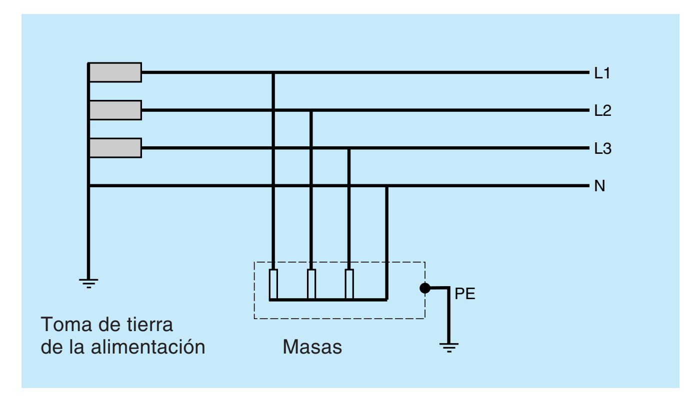
Esquema IT

El neutro está conectado a tierra mediante una impedancia o aislado. Las masas están directamente conectadas a tierra.

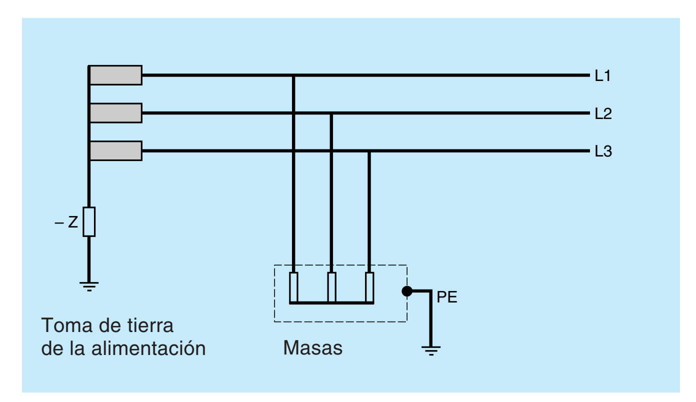
Estos distintos regímenes permiten adaptar la protección a los locales y a los usos, respetando el tiempo de corte, basado en la duración de la resistencia de un individuo a los efectos de una corriente eléctrica, en función de la tensión de la misma (normalmente 50 V durante 5 segundos y 100 V durante 0,2 segundo).

Las redes de distribución de baja tensión de los abonados pueden asimilarse al esquema TT, excepto cuando éstos interponen un transformador de separación que les deja total libertad de elección.

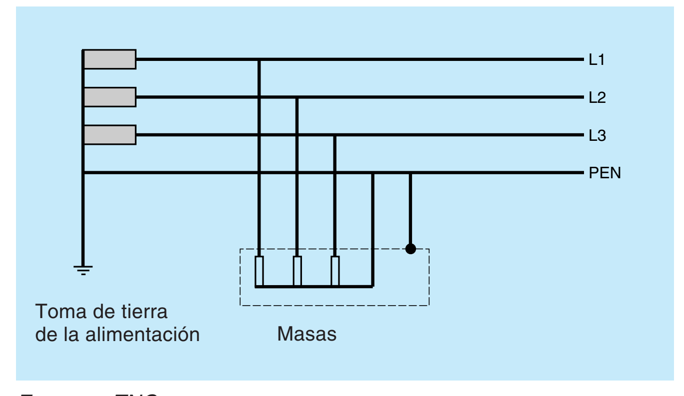
El esquema TT es fácil de aplicar, pero queda restringido a instalaciones de extensión y complejidad limitadas. Se dispara al primer defecto y ofrece total seguridad.
El esquema IT tiene la particularidad de no dispararse hasta el segundo defecto. Así pues, está especialmente indicado en aquellos casos en los que sea necesaria la continuidad del servicio, lo que requiere un mantenimiento estricto para detectar el primer defecto e intervenir antes de que se produzca el segundo.
No obstante, el hecho de garantizar la continuidad de la alimentación sigue sin parecer suficiente a los informáticos, que prefieren el esquema TNS, incrementando las precauciones y los equipos específicos.
El esquema TN representa, con respecto al anterior, un importante ahorro de instalación. Este régimen es imprescindible con corrientes de fuga importantes.



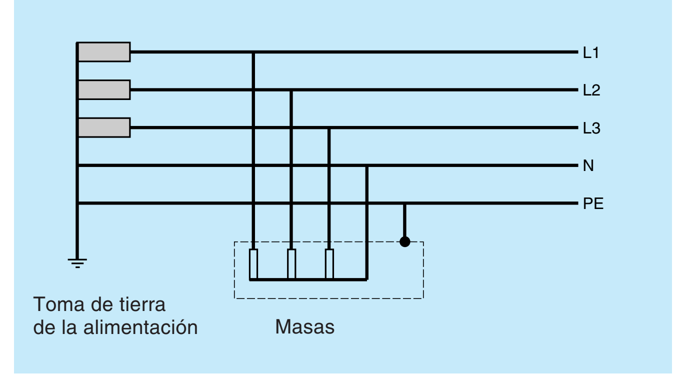
Esquema TT



Esquema IT



Esquema TNC



Esquema TNS

Arrastre de las máquinas

La máquina acoplada al motor presenta básicamente un momento de inercia J ($kg·m^2$) al que hay que añadir el del motor, que a veces es importante. El conocimiento de la inercia total permite estudiar los regímenes transitorios (arranques y paradas), pero no interviene en régimen estable.

Movimiento de rotación

Si la máquina es arrastrada mediante un reductor a la velocidad n1, su momento de inercia aplicado al motor que gira a la velocidad n2 se expresa por la fórmula:

$$J\ (\text{máquina aplicada al motor}) = J\ (\text{máquina}) \left(\frac{n1}{n2}\right)^2$$

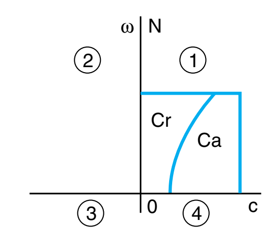
Movimiento de traslación

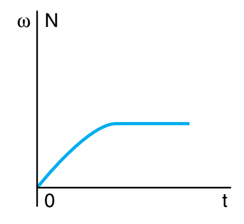
Si la máquina, de masa m (kg), se desplaza a la velocidad lineal v (m/s), para la velocidad de rotación ω (rad/s) del motor de arrastre, el momento de inercia al nivel del eje de arrastre se expresa por la fórmula:

$$J\ (\text{máquina}) = m\,\frac{v^2}{\omega^2} = m\,\frac{v^2 \cdot 3600}{4\,\pi^2 \cdot n^2} \quad \text{con} \quad \omega = \frac{2\,\pi n}{60}$$

Arranque

Para arrancar en un tiempo impuesto t (paso de la parada a una velocidad angular ω), el conocimiento del momento de inercia J permite determinar el par acelerador medio necesario Ca.





$$Ca\ (N·m) = J\ (kg·m)^2\ \frac{d\omega\ (rad/s)}{dt\ (s)}$$

$$= J\ (kg·m)^2\ \frac{2\pi N\ (rpm)}{60t\ (s)}$$

El par resistente medio Cr debido a la mecánica y el par acelerador medio Ca determinan el par motor medio Cd necesario durante el tiempo de arranque.

$$Cd = Cr + Ca$$

A la inversa, si se ha fijado un par acelerador Ca, el tiempo de arranque, para Ca constante, se determina por:

$$t = \frac{J\omega}{Ca}$$

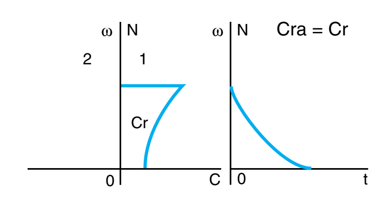
En la práctica:

– en corriente continua
Cd = kCn, donde Cn = par nominal del motor
k = coeficiente de sobrecarga del motor. Depende del tiempo de sobrecarga y de la temperatura inicial. Suele estar comprendido entre 1,2 y 1,9 (véase catálogo del fabricante de motores). En esta zona, la corriente inducida y el par pueden ser sensiblemente proporcionales,

– en corriente alterna
Consultar las características de sobrepar y de sobreintensidad, así como las características de empleo indicadas en el catálogo del fabricante.

Parada

Si se deja sola la máquina durante el corte de tensión de alimentación, el par de ralentización es igual al par resistente:



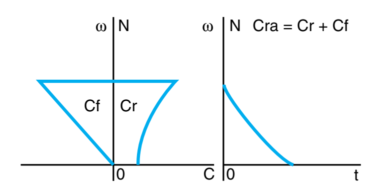
$$Cra = Cr = J\ \frac{d\omega}{dt}$$

La parada se producirá al cabo de un tiempo (t) vinculado al momento de inercia por la relación:

$$t = \frac{J}{Cr}\,\omega \ \text{si Cr es relativamente constante.}$$

Arrastre de las máquinas

Frenado reostático

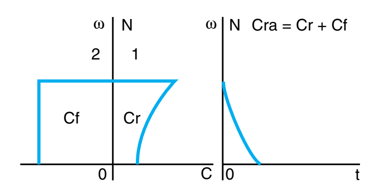


Si el tiempo de parada es inaceptable, debe aumentarse el par de ralentización de un par de frenado eléctrico Cf como:

$$Cra = Cr + Cf = J \frac{d\omega}{dt}$$

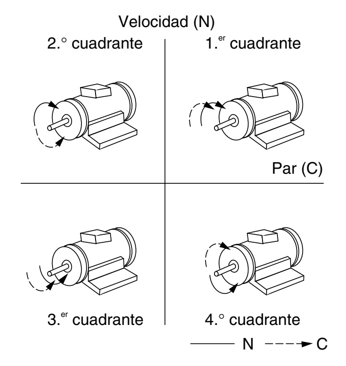
El frenado puede ser de tipo reostático; no obstante, no hay que olvidar que su eficacia es proporcional a la velocidad (Cf = k ω).

Frenado por recuperación



El frenado puede ser por recuperación; se obtiene utilizando variadores reversibles.
En limitación de corriente, el par de frenado es constante hasta la parada.
La máquina condiciona el dimensionamiento del motor y del equipo que deben responder al régimen permanente, pero también a los regímenes transitorios: arranques frecuentes o rápidos, sacudidas de carga repetidas.

Sentido de funcionamiento

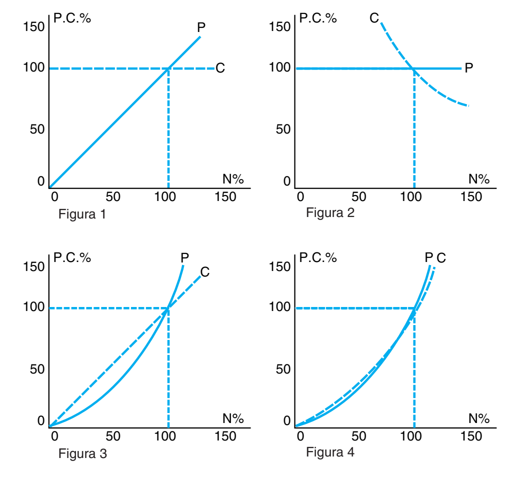


Este gráfico muestra las 4 posibilidades de funcionamiento (4 cuadrantes) en el plano par velocidad.
Se resumen en el siguiente cuadro:

Rotación	La máquina funciona	Par C	Velocidad n	Producto C × n	Cuadrante
1.er sentido	en motor	+	+	+	1
	en generador	–	+	–	2
2.° sentido	en motor	–	–	+	3
	en generador	+	–	–	4

Par y potencia

Para determinar correctamente el conjunto motor-variador, es muy importante conocer la característica par/velocidad de las distintas máquinas arrastradas.



En la práctica, todas las máquinas pueden clasificarse en 4 categorías básicas:
– par constante (figura 1),
– potencia constante (figura 2),
– par creciente linealmente con la velocidad C = kn, variando la potencia P como el cuadrado de la velocidad (figura 3),
– par creciente como el cuadrado de la velocidad $C = kn^2$, variando la potencia como el cubo de la velocidad (figura 4).
Un número limitado de máquinas puede tener características de funcionamiento que son el resultado de la combinación de estas distintas categorías.

Tablas de conversión entre unidades usuales

Longitud

Unidades	m	in	ft	yd
1 metro (m)	1	39,37	3,281	1,094
1 pulgada (in. o ")	0,0254	1	0,0833	0,02778
1 pie (ft o ')	0,3048	12	1	0,3333
1 yarda (yd)	0,9144	36	3	1

Superficie

Unidades	m^2	sq·in	sq·ft	sq·yd
1 metro cuadrado (m^2)	1	1550	10,764	1,196
1 pulgada cuadrada (sq·in) (in^2)	$6{,}45\ 10^{-4}$	1	$6{,}944\ 10^{-3}$	$7{,}716\ 10^{-4}$
1 pie cuadrado (sq·ft) (ft^2)	0,0929	144	1	0,111
1 yarda cuadrada (sq·yd) (yd^2)	0,8361	1296	9	1

Volumen

Unidades	m^3	dm^3	cu·in	cu·ft	cu·yd
1 metro cúbico (m^3)	1	1000	61024	35,3147	1,3079
1 decímetro cúbico (dm^3) (litro)	0,001	1	61,024	0,0353	0,0013
1 pulgada cúbica (cu·in) (in^3)	$1{,}639\ 10^{-5}$	0,0164	1	$5{,}787\ 10^{-4}$	$2{,}143\ 10^{-5}$
1 pie cúbico (cu·ft) (ft^3)	0,0283	28,32	1728	1	0,0370
1 yarda cúbica (cu·yd) (yd^3)	0,7645	764,5	46656	27	1

Masa

Unidades	kg	oz	lb
1 kilogramo (kg)	1	35,27	2,205
1 onza (oz)	0,028	1	0,0625
1 libra (lb)	0,454	16	1

Presión

Unidades	Pa	MPa	bar	psi
1 pascal (Pa) o newton par m^2 (N/m^2)	1	10^{-6}	10^{-5}	$1{,}45\ 10^{-4}$
1 megapascal (MPa) o 1 newton por mm^2 (N/mm^2)	10^6	1	10	145,04
1 bar (bar)	10^5	0,1	1	14,504
1 libra fuerza por pulgada cuadrada 1 lbf/in^2 (psi)	6895	$6{,}895\ 10^{-3}$	0,06895	1

Tablas de conversión entre unidades usuales

Velocidad angular

Unidades	rad/s	rpm
1 radián por segundo (rad/s)	1	9,549
1 vuelta por minuto (rpm)	0,105	1

Velocidad lineal

Unidades	m/s	km/h	m/min
1 metro por segundo (m/s)	1	3,6	60
1 kilómetro por hora (km/h)	0,2778	1	16,66
1 metro por minuto (m/min)	0,01667	0,06	1

Potencia

Unidades	W	ch	HP	ft-lbf/s
1 vatio (W)	1	$1{,}36\ 10^{-3}$	$1{,}341\ 10^{-3}$	0,7376
1 caballo (ch)	736	1	0,9863	542,5
1 horse-power (HP)	745,7	1,014	1	550
1 ft-lbf/s	1,356	$1{,}843\ 10^{-3}$	$1{,}818\ 10^{-3}$	1

Fuerza

Unidades	N	kgf	lbf	pdl
1 newton (N)	1	0,102	0,225	7,233
1 kilogramo-fuerza (kgf)	9,81	1	2,205	70,93
1 libra fuerza (lbf)	4,448	0,453	1	32,17
1 poundal (pdl)	0,138	0,0141	0,0311	1

Energía-trabajo-calor

Unidades	J	cal	kW/h	B.t.u.
1 julio (J)	1	0,24	$2{,}78\ 10^{-7}$	$9{,}48\ 10^{-4}$
1 caloría (cal)	4,1855	1	$1{,}163\ 10^{-6}$	$3{,}967\ 10^{-3}$
1 kilovatio-hora (kW/h)	$3{,}6\ 10^{6}$	$8{,}60\ 10^{5}$	1	3412
1 British thermal unit (B.t.u)	1055	252	$2{,}93\ 10^{-4}$	1

Momento de inercia

Unidades	$kg{\cdot}m^2$	$lb{\cdot}ft^2$	$lb{\cdot}in^2$	$oz{\cdot}in^2$
1 kilogramo metro cuadrado	1	23,73	3417	54675
1 libra-pie cuadrado ($lb{\cdot}ft^2$)	0,042	1	144	2304
1 libra-pulgada cuadrada ($lb{\cdot}in^2$)	$2{,}926\ 10^{-4}$	$6{,}944\ 10^{-3}$	1	16
1 onza-pulgada cuadrada ($oz{\cdot}in^2$)	$1{,}829\ 10^{-5}$	$4{,}34\ 10^{-4}$	0,0625	1

Indice

Designación Página | Designación Página | Designación Página

Indice

Designación Página

Indice

Schneider Elctric de Colombia S.A.

Centro de Atención Clientes
Bogotá: 4269733 Resto del Pais: 01900 33 12345
cacschneider@co.schneider-electric.com
www.schneider-electric.com.co

Schneider Electric de Colombia S.A.
Principal BOGOTÁ D.C., Carrera 102 A No. 25 D - 40
Tel.:57 (1) 4269700
Fax: 57 (1) 4269740 - 57 (1) 4269738

Agencia Antioquia
MEDELLÍN Calle 10 Sur No. 50FF - 28 Of. 309
Tel.: 57 (4) 3616730 - 57 (4) 3621191
Fax: 57 (4) 2856568

Agencia Costa Norte
BARRANQUILLA Calle 77B No. 57 - 141 Of. 309
Tel.: 57 (5) 3530465 - 57 (5) 3530468 - 57 (5) 3530447
Fax. 57 (5) 3530429

Agencia Eje Cafetero
MANIZALES Carrera 24 No. 20 - 48 Of. 10-01
Edificio Confamiliares
Tel/Fax: 57 (6) 8973435

Agencia Occidente
CALI Calle 19 Norte No. 2N - 29 Edificio Torre de Cali
Piso 36 Of. 3601-A Tel.: 57 (2) 6536414 - 57 (2) 6536515
57 (2) 6536539 Fax: 57 (2) 6536540

Agencia Oriente
BUCARAMANGA Carrera 28 No. 41 - 19
Tel.: 57 (7) 6343169 Fax. 57 (7) 6450762